

**Eesti Maaülikool**  
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Eesti Taimekasvatuse Instituut**

**Estonian University Of Life Sciences**  
Institute of Agricultural and Environmental Sciences

**Estonian Crop Research Institute**

# Agronomia

# Agronomy

**2020**

**Eesti Maaülikool**  
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut  
**Eesti Taimekasvatuse Instituut**

**Estonian University Of Life Sciences**  
Institute of Agricultural and Environmental Sciences  
**Estonian Crop Research Institute**

# AGRONOOMIA 2020

## Agronomy 2020

**Tartu 2020**

Toimetaja / Editor Maarika Alaru

Kogumik ilmub teaduskonverentsiks Agronoomia 2020  
The present book is published for the conference Agronomy 2020

Toimetaja tänab artiklite retsensente nende suurepärase töö eest  
Editors would like to thank all reviewers for their perfect work

Kogumik on välja antud MAK meede 1.1. raames, toetab Euroopa Liit

© 2020 Eesti Maaülikool / Estonian University of Life Sciences  
Eesti Taimekasvatuse Instituut / Estonian Crop Research Institute

Trükitud Vali Press / Printed by Vali Press

ISSN 1736-6275

# Sisukord

## MULLATEADUS JA MAAVILJELUS

- 10–17 **Noorte õunapuude kasvu pärssiv mullaväsimus**  
Maria Abakumova, Toivo Univer
- 18–24 **Vihmaussikoosluste struktuur ja mulla mikroobikoosluse aktiivsus suvinisu mahe- ja tavatootmispõldudel**  
Mari Ivask, Riinu Kiiker, Kaire Loit, Marian Põldmets, Jane Raamets, Merrit Shanskiy
- 25–35 **Üldlämmastiku sisaldusest põllumajandusmaade muldkattes**  
Raimo Kõlli, Karin Kauer, Tõnu Tõnutare
- 36–44 **Vedelsõnniku laotamise aja mõju sügisel N, P ja K leostumisele**  
Henn Raave

## PÕLLUKULTUURID

- 46–51 **Timuti sortide saagikus ja toiteväärtus**  
Rene Aavola, Priit Pechter
- 52–56 **Maapirni sortide võrdluskatse tulemused**  
Mati Koppel
- 57–62 **Kartulitaimed katseklaasis ja ootamatu elektrikatkestus**  
Katrín Kotkas, Liisa Kübarsepp
- 63–69 **Punase ristiku kasvatamise mõju mulla mikroobide aktiivsusele ja orgaanilise süsiniku sisaldusele erinevates viljelusviisides**  
Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Maarika Alaru, Anne Luik, Liina Talgre
- 70–75 **Punase ristiku kasvatamise mõju mulla üldlämmastiku sisaldusele erinevates viljelusviisides**  
Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Liina Talgre, Maarika Alaru
- 76–83 **Väetustehnoloogiate mõju talinisu saagikusele ja kvaliteedinäitajatele tootmiskatses põuase kasvuaasta tingimustes**  
Jakob Johan Lindam, Eve Runno-Paurson
- 84–89 **Hariliku hirsu ja õlikanepi saagikus ning seemnete proteiinisisaldus 2019. aastal**  
Peeter Lääniste, Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Hedi Kaldmäe, Toomas Tõrra
- 90–95 **Liblikõielised kui taimse valgu allikad**  
Peeter Lääniste, Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Hedi Kaldmäe, Toomas Tõrra

- 96–103 **Üheaastaste korjetaimede seemnesegud**  
Helena Madsen, Indrek Keres, Liina Talgre
- 104–111 **Külvinormi ja sordi mõju põldherne saagile, proteiinisisaldusele, proteiini saagile ja lamandumiskindlusele**  
Margit Olle
- 112–116 **Kompleksväetise Must Pärl mõju kartuli saagikusele mahekatses**  
Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv
- 117–122 **Talirukki kasvatamine tava- ja mahetingimustes**  
Ilme Tupits

### TAIMEKAITSE

- 124–129 **Erinevate õietolmu määramise meetodite rakendamine tolmeldajate toidutaimede tuvastusel**  
Anna Bontšutsnaja, Reet Karise, Marika Mänd, Guy Smagghe
- 130–135 **Hiilamardikad ristõielistel õlikultuuridel**  
Pille Jansen, Luule Metspalu, Angela Ploomi, Katrin Jõgar
- 136–141 **Fungitsiidi resistentsust põhjustavate mutatsioonide levik odra põlde kahjustava patogeeni *Ramularia collo-cygni* Eesti populatsioonis**  
Marite Juurik, Pille Sooväli, Andres Mäe
- 142–146 **Oa-teramardikas valib sorte**  
Triin Kallavus, Eha Kruus, Angela Ploomi, Luule Metspalu, Katrin Jõgar
- 147–151 **Veepehmeni ja lambda-tsühalotriini koosmõju naeri-hiilamardikate tõrjes**  
Liina Kann, Pille Sooväli, Sirje Tamm
- 152–158 **Kas põllumajanduslik tegevus on kimalastele hävitav?**  
Reet Karise, Anna Bontšutsnaja, Kevin Maebe, Marika Mänd
- 159–164 **Uus kahjur Eestis, oa-teramardikas (*Bruchus rufimanus* Boh.)**  
Lea Narits
- 165–170 **Kuivlaiksus õlikanepil 'Finola'**  
Eve Runno-Paurson, Peeter Lääniste, Viacheslav Eremeev, Tiina Tosens, Toomas Tõrra, Ülo Niinemets
- 171–177 **Kasvatustehnoloogiate mõju kartuli kuivlaiksuse arengule mahe- ja tavaviljeluskatses**  
Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Tõnis Volkov
- 178–182 **Kartuli kuivlaiksuse hindamine Jõgeva mahekatses**  
Eve Runno-Paurson, Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv, Viacheslav Eremeev, Pille Meinson, Helina Nassar, Ülo Niinemets
- 183–190 **Väetamise mõju nisu pruunlaiksuse esinemisele Kadrina talinisu tootmiskatses**  
Eve Runno-Paurson, Jakob Johan Lindam, Viacheslav Eremeev

- 191–195 **Ebajahukaste ristõielistel õlikultuuridel**  
Eve Runno-Paurson, Peeter Lääniste, Viacheslav Eremeev, Ülo Niinemets, Luule Metspalu
- 196–201 **Seni vähem tähelepanu pälvinud ohutegurid meemesilastele**  
Risto Raimets, Marika Mänd, Reet Karise
- 202–210 **Eesti teraviljadel esinevad viirushaigused**  
Pille Sooväli, Merike Sõmera
- 211–216 **Varre-peitkärtsaka kahjustuse tase talirapsil**  
Silva Sulg, Riina Kaasik, Jonathan Martin Willow, Eve Veromann

## AIANDUS

- 218–225 **Mõnede Eestis kasvavate aia- ja metsakultuuride sobivus veini valmistamiseks**  
Rein Lillak, Heli Meripõld, Uno Tamm
- 226–235 **Leheanalüüside ekspressmeetodi rakendamine aedmaasika ja kurgi näitel**  
Priit Põldma, Tõnu Tõnutare, Ulvi Moor
- 236–242 **Siidri valmistamiseks sobivad õunasordid**  
Reelika Rätsep, Kristine Volens, Karmo Haas
- 243–248 **Uued kärntõvekindlad õunasordid**  
Toivo Univer

## MITMESUGUST

- 250–265 **Aiandussektori tänane olukord**  
Katre Kirt, Marje Mäger, Eve Paju, Renata Tsaturjan
- 266–277 **Eesti taimekasvatuse areng aastatel 1918–2018**  
Rein Lillak, Heli Meripõld, Uno Tamm
- 278–286 **Talinisu Põllukool 2019 – sortide ja väetamise ning taimekaitse lahenduste mõju talinisu saagile ja kvaliteedile**  
Reine Koppel, Mati Koppel
- 287–293 **Mida näitab maatükkide keskmine pindala?**  
Siim Maasikamäe
- 294–303 **Soojustingimuste muutumise võimalik mõju põllukultuuride kasvatamisele Eestis – tendentsid, võimalused ja väljakutsed**  
Triin Saue

# Contents

## SOIL SCIENCE AND SOIL MANAGEMENT

- 10–17 **Apple replant disease can inhibit the growth of young apple trees**  
Maria Abakumova, Toivo Univer
- 18–24 **Structure of earthworm communities and soil microbial activity in organic and conventional spring wheat fields**  
Mari Ivask, Riinu Kiiker, Kaire Loit, Marian Põldmets, Jane Raamets, Merrit Shanskiy
- 25–35 **About total nitrogen content in the soil cover of agricultural land**  
Raimo Kõlli, Karin Kauer, Tõnu Tõnutare
- 36–44 **Slurry application time effect in the autumn on N, P and K leaching**  
Henn Raave

## FIELD CROPS

- 46–51 **Herbage yield and feeding value of timothy cultivars**  
Rene Aavola, Priit Pechter
- 52–56 **The comparison of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) cultivars**  
Mati Koppel
- 57–62 **Potato plants *in vitro* and unpredictable power-failure**  
Katrín Kotkas, Liisa Kübarsepp
- 63–69 **The effect of red clover cultivation on the activity of soil microbes and the content of organic carbon in different farming systems**  
Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Maarika Alaru, Anne Luik, Liina Talgre
- 70–75 **The effect of the cultivation of red clover on the content of total nitrogen in different farming systems**  
Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Liina Talgre, Maarika Alaru
- 76–83 **Influence of fertilization on winter wheat yield and quality in drought field conditions**  
Jakob Johan Lindam, Eve Runno-Paurson
- 84–89 **Yield and seed protein content of proso millet and oilseed hemp**  
Peeter Lääniste, Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Hedi Kaldmäe, Toomas Tõrra
- 90–95 **Legumes as sources of plant protein**  
Peeter Lääniste, Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Hedi Kaldmäe, Toomas Tõrra

- 96–103 **Annual food plant species for pollinators**  
Helena Madsen, Indrek Keres, Liina Talgre
- 104–111 **The effect of sowing rate and variety on yield, protein content, protein yield and lodging tolerance of field peas**  
Margit Olle
- 112–116 **The effect of complex fertilizer Black Pearl on potato yield in organic trial**  
Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv
- 117–122 **Cultivation of winter rye in conventional and ecological conditions**  
Ilme Tupits

## PLANT PROTECTION

- 124–129 **Pollinator food plant identification using different melissopalynology methods**  
Anna Bontšutsnaja, Reet Karise, Marika Mänd, Guy Smagghe
- 130–135 **Pollen beetles as oilseed rape pests**  
Pille Jansen, Luule Metspalu, Angela Ploomi, Katrin Jõgar
- 136–141 **Mutations in the target protein conferring resistance to QoI, DMI and SDHI fungicides in *Ramularia collo-cygni* population in Estonia**  
Marite Juurik, Pille Sooväli, Andres Mäe
- 142–146 **The bean seed beetle selects certain varieties**  
Triin Kallavus, Eha Kruus, Angela Ploomi, Luule Metspalu, Katrin Jõgar
- 147–151 **Effect of water softener and lambda-cyhalotrin against the pollen beetle**  
Liina Kann, Pille Sooväli, Sirje Tamm
- 152–158 **Is agricultural activity detrimental for bumble bee population?**  
Reet Karise, Anna Bontšutsnaja, Kevin Maebe, Marika Mänd
- 159–164 **Broad bean weevil (*Bruchus rufimanus* Boh.), a new pest in Estonia**  
Lea Narits
- 165–170 **Brown blight on hemp cultivar 'Finola'**  
Eve Runno-Paurson, Peeter Lääniste, Viacheslav Eremeev, Tiina Tosens, Toomas Tõrra, Ülo Niinemets
- 171–177 **The effect of cultivation technology on the development of potato early blight**  
Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Tõnis Volkov
- 178–182 **Evaluation of potato early blight development in an organic trial at Jõgeva**  
Eve Runno-Paurson, Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv, Viacheslav Eremeev, Pille Meinson, Helina Nassar, Ülo Niinemets
- 183–190 **Influence of fertilization on tan spot occurrence in farm production trial at Kadrina**  
Eve Runno-Paurson, Jakob Johan Lindam, Viacheslav Eremeev
- 191–195 **Downy mildew infection on different cruciferous crops**  
Eve Runno-Paurson, Peeter Lääniste, Viacheslav Eremeev, Ülo Niinemets, Luule Metspalu



- 196–201 **Threats to honey bees that have gained less attention so far**  
Risto Raimets, Marika Mänd, Reet Karise

- 202–210 **Plant viruses in cereal fields in Estonia**  
Pille Sooväli, Merike Sõmera

- 211–216 **Damage rate of cabbage stem weevil in winter oilseed rape**  
Silva Sulg, Riina Kaasik, Jonathan Martin Willow, Eve Veromann

## **HORTICULTURE**

- 218–225 **Suitability of some Estonian horticultural and forest crops for making fruitwine**  
Rein Lillak, Heli Meripõld, Uno Tamm

- 226–235 **Application of express method for performing leaf analysis of strawberry and cucumber**  
Priit Põldma, Tõnu Tõnutare, Ulvi Moor

- 236–242 **Apple cultivars suitable for cider production**  
Reelika Rätsep, Kristine Volens, Karmo Haas

- 243–248 **New scab resistant apple cultivars**  
Toivo Univer

## **MISCELLANEOUS**

- 250–265 **Horticulture in statistics**  
Katre Kirt, Marje Mäger, Eve Paju, Renata Tsaturjan

- 266–277 **Development of Estonian crop production in 1918–2018**  
Rein Lillak, Heli Meripõld, Uno Tamm

- 278–286 **Farmer Field School 2019 - the influence of variety, plant protection and fertilization on the yield and quality of winter wheat**  
Reine Koppel, Mati Koppel

- 287–293 **What does the mean size of land units show?**  
Siim Maasikamäe

- 294–303 **Possible effects of temperature change on crop production in Estonia – tendencies, possibilities and threats**  
Triin Saue

## Mullateadus ja maaviljelus

Soil science and soil management

# Noorte õunapuude kasvu pärssiv mullaväsimus

Maria Abakumova<sup>1</sup>, Toivo Univer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tartu Ülikooli Ökoloogia ja maateaduste instituudi taimeökoloogia õppetool

<sup>2</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Polli aiandusuuringute keskus

---

**Abstract.** Abakumova, M., Univer, T. 2020. Apple replant disease can inhibit the growth of young apple trees. – Agronomy 2020.

Although apple replant disease (ARD) has been observed for a long time, it remains a partially studied global problem. ARD causes retarded growth of apple trees, delays fruiting and lowers annual crops. It appears especially during the renovation of old apple orchards or when young trees are replanted into nurseries. Replant disease can develop due to unfavourable changes in abiotic soil properties and in soil biota (e.g., nematodes, pathogenic fungi, bacteria). The traditional method applied against ARD is chemical treatment; however, environmentally friendlier methods are needed to minimize contamination. Some possible alternatives include cultivating ARD resistant rootstocks, crop rotation, polycultures, growing plants more similarly to natural habitats, or improvement of soil with compost and *Brassica napus* seed meal. Apple trees try to defend themselves against enemies and pathogens by producing certain organic compounds among others (phytoalexins, floridzin, floretin), which, unfortunately, can be harmful to their own cells. These responses have been poorly studied. Current molecular methods enable to study soil microbes more extensively and to compare the results obtained from contaminated soils with the results from healthy soils. Better understanding of soil biota, food webs of soil microfauna and microbes enable growers to solve many problems and to use the natural enemies of pathogens (e.g., mycorrhizal fungi, bacteria) in treatments of soil against ARD.

**Keywords:** apple replant disease, nematodes, microbes

---

## Sissejuhatus

Vanade õunapuustandike uuendamisel ilmneb sageli, et samasse kohta istutatud noored puud ei hakka hästi kasvama. See probleem ei esine ainult õunviljaliste, vaid ka teiste kultuuride puhul, kui neid pikemat aega kasvatakse monokultuurina. Taimed muudavad elutegevuse käigus mulda, tarbivad ühekülgsest toitainest, tekitavad iseloomulikke jääkaineid ning uuenenud keskkonnas hakkavad muutuma mikroobide kooslused, kogunema teatud kahjurid ja haigustekitajad. Muld muutub taimekasvule ebasoodsaks. Olenemata konkreetsetest põhjustest kutsutakse nähtust üldnimega „mullaväsimus“ (Schreiner, Sullivan, 1908 – viidanud Cesarano et al., 2017). Looduslikke taimi uurivad taimeökoloogid nimetavad mullast tingitud taimede nõrgemat kasvu mulla ja taimede vaheliseks negatiivseks tagasisideks (Klironomos, 2002). Looduslikes kooslustes on negatiivset tagasisidet kindlaks tehtud 411 taimeliigil 72 perekonnast ja agroökosüsteemides 111 taimeliigil 41 perekonnast (Cesarano et al., 2017).

Kultuurtaimede mullaväsimus on probleemiks kogu maailmas. Seda on ulatuslikult uuritud ning püütud leida taimekasvu soodustavaid võimalusi. Näiteks õun- ja luuviljaliste mullaväsimust on täheldatud juba üle 200 aasta (Mai, Abawi, 1981). Õunapuudel tekkivat mullaväsimust liigitatakse kas spetsiifiliseks (rahvusvaheline

termin *specific apple replant disease (SARD)*) või mittespetsiifiliseks (*apple replant disease (ARD)*). Spetsiifilise mullaväsimuse puhul levivad istandikes õunapuude kahjustused ühtlaselt ja seostuvad eelnevalt kasvatatud õunviljalistega (Mai, Abawi, 1981; Traquair, 1984). Mittespetsiifiline mullaväsimus võib kahjustada erinevaid kultuure, esineda ebaühtlaselt ja olla põhjustatud peamiselt nematoodidest (Hoestra, 1968; Mai, Abawi, 1981). Mõlema mullaväsimuse sümptomid sarnanevad: noortel puudel nõrgeneb kasv, seda nii maapealsel osal kui ka juurtel, olenevalt kahjustuste raskusastmest ilmnevad sümptomid kas kohe koos noorte lehtede arenguga või kasvuperioodi lõpus (Hoestra, 1968), raskematel juhtudel võivad taimed hukkuda (Traquair, 1984). Noorte õunapuude võrsed lühenevad, lehed asetsevad rosettidenä, puud jõuavad kandeikka kaks kuni kolm aastat tavalisest hiljem ning saagikus väheneb (Granatstein, Mazzola, 2001). Juurestiku kasv aeglustub, peenjuured kahjustuvad, juurte värvus muutub ja juurekarvad kaovad (Grunewaldt-Stöcker et al., 2019).

Tingituna kogu maailmas levivast põllumaa nappusest istutatakse kolmanda ja neljanda põlvkonna puid sageli samasse kohta, kusjuures mõnes istandikus ei saavuta viljapuud ka täisealisena kunagi soovitud võramahtu, millega kaasneb suur majanduslik kahju. Arvutused näitavad, et näiteks Washingtoni osariigis ulatub õunapuude mullaväsimusest tingitud kahju 10 aastase perioodi jooksul ligikaudu 100 000 USA dollarini hektari kohta (Smith, 1995 – viidanud Granatstein, Mazzola, 2001). Kuna õunapuude mullaväsimus puudutab kogu maailma, siis kasutatakse üha enam kaas-aegseid meetodeid, et uurida mullaväsimuse põhjusi ning pakkuda välja võimalusi selle leevendamiseks. Mullaväsimuse keerukus seisneb selle kompleksuses. Samuti ei ole ühtset ja ainsat haigustekitajat üle maailma.

Eesti õunapuukasvatajad puutuvad kokku mullaväsimusega vanade istandike uuendamisel ning puukoolides, eriti teravalt just viimastes, sest noored õunapuud istutatakse lühema rotatsiooniajaga ja maale, kus eelnevalt on korduvalt kasvatatud õunviljalisi. On pakiline vajadus selgitada välja meie oludes peamised mullaväsimuse põhjustajad, leida moodused nende negatiivse toime vähendamiseks või ennetamiseks, et vältida suurema majandusliku kahju teket.

## Ülevaade mullaväsimuse põhjustest

Õunapuude mullaväsimust on pikemalt uuritud, kuid ühest vastust põhjuste kohta ei ole leitud. Paljud teadlased tunnistavad ülesande keerukust ja mullaväsimuse kompleksset iseloomu. Mullaväsimuse põhjused erinevad regiooni ja ka ühe regiooni õunapuustandikes võivad need olla erinevad (Dullahide et al., 1994). Enamgi veel, ka ühe õunaia piires võivad mikroobide kooslused varieeruda väikesemõõtmelisel (1-5 m) skaalal (Deakin et al., 2018). Mullaväsimuse kahjustuse ulatus sõltub paljudest teguritest, sealhulgas istandiku vanusest, kasutatud pookealustest, eelnevatest kultuuridest, mullatüübist ja harimisviisist, juba kahjustunud vanade õunapuude juurejäänuste olemasolust jms (Mai, Abawi, 1981). Õunapuude mullaväsimuse probleemi nähakse nematoodides, parasiitseentes ja mitteparasiitsetes mikroobides, kuid ka juurte eritatud toksilistes ainetes, rikutud mullastruktuuris ja toitainete tasakaalustamatuses (Mai, Abawi, 1981; Dullahide et al., 1994; Mazzola, Manici, 2012).

Molekulaarsed meetodid võimaldavad võrrelda mikroobide rühmi kahjustamata ja kahjustunud istandikes, kusjuures mikroobide osakaal erineb sõltuvalt mullast, seal kasvavatest taimeliikidest ning taimekooslustest tervikuna (Tilston et al., 2018).

G. Cesarano (Cesarano et al., 2017) on kokku võtnud õunapuude mullaväsimuse võimalikud põhjused:

- 1) toitainete vähesus mullas või nende tasakaalustamatus;
- 2) mullas esinevad patogeendid, parasiitide populatsioonid ja mikroobide kooslused;
- 3) toksiliste ühendite eraldumine taimejäänuste lagunemisel.

## Mulla abiootilised muutused

Õunapuude mullaväsimust on peetud paljude abiootiliste tegurite tulemuseks, kaasatud võivad olla näiteks kõrge või madal pH, toitainete tasakaalustamatus, ebasobiv mullastruktuur ja drenaaž, saastatus raskmetallidega, külmast või põuast tingitud stress (Mai, Abawi, 1981; Mazzola, 1998). On leitud, et mullaväsimuse tingimustes kasvavad õunapuustikud paremini kui mullas on suures koguses lämmastikku, fosforit ja kaaliumi (Dullahide et al., 1994). Siiski ei saa toitainete vähesust pidada mullaväsimuse peamiseks põhjuseks (Cesarano et al., 2017). Nähtus ilmneb rohkem riikides, kus väetiste kättesaadavus ei ole piisav ja nende hind on kõrge.

Abiootilised tegurid võivad küll takistada õunapuude kasvu, kuid ei mõjuta oluliselt haigusnähtude kujunemist (Spath et al., 2015). Mullaväsimus on pigem seotud mulla biootilise taustaga (Mazzola, 1998).

## Mulla biootilised muutused

### Nematoodid

Nematoodid võivad põhjustada mittespetsiifilist mullaväsimust ja otseselt kahjustada noorte õunapuude juuri, viia kasvu aeglustumiseni ja saagi vähenemiseni (Mai, Abawi, 1981). Ilmselt kõige suurem õunapuude juurte kahjustaja kogu maailmas on nematood *Pratylenchus penetrans* (Mai, Abawi, 1981; Dullahide et al., 1994). Nimetatud nematood elab juurte sees, liigub juurekudede ja mulla kaudu juurest juuresse ning raskematel juhtudel võib viia juurte hävimiseni. Nematoodidest esinevad veel *Xiphinema* ssp., *Macroposthonia* ssp., *Meloidogyne* ssp. (rohkem levinud lõunapoolsetes piirkondades, ka Venemaal) (Mai, Abawi, 1981).

Uuringud näitavad, et nematoodidel on oluline mõju võrsete kasvule, juurte värvuse kaotamisele ja juurte kuivkaalule (Dullahide et al., 1994). Mullaelustiku omavahelised suhted on paljuski ebaselged, näiteks sama uuringu järgi saavutas nematood *Pratylenchus jordanensis* suurema populatsiooni tiheduse kui *P. penetrans*, kuid mikroseeente juuresolekul mõlema nematoodiliigi arvukus kaldus vähenema. Siiski peetakse nematoodide vähem tähtsateks õunapuude kahjustajateks. Peamisi põhjusi tuleb otsida mikroobide hulgast: katsetes läbi viidud mulla pastöriseerimine andis paremaid tulemusi kui töötlemine nematitsiidiga (Dullahide et al., 1994) ja neljal mullal viiest ei andnud nematitsiidi kasutamine soovitud tulemust (Mazzola, 1998).

### Patogeensed seened

Nematoodidest suuremateks mullaväsimuse põhjustajaks loetakse parasiitseeni. Kahjustatud õunapuude juurtelt on järjekindlalt leitud *Cylindrocarpon destructans*, *Phytophthora cactorum*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, perekonna *Fusarium* liike (Dullahide et al., 1994; Mazzola, 1998); nende osatähtsus varieerub erinevates õunapuuistandikes. Näiteks Austrias, Itaalias ja Saksamaal läbiviidud uuringud kinnitasid, et kõigis kolmes riigis olid *Cylindrocarpon*-tüüpi patogeensed seened otseselt seotud mullaväsimuse haigusnähtudega; patogeenid *Pythium* ssp. olid valdavad ainult Saksamaal, aga seened perekondadest *Fusarium* ja kahetuumne *Rhizoctonia* ei seostunudki nendes riikides õunapuude kahjustustega (Manici et al., 2013).

Mulla mikroobide uurimisel ilmneb palju probleeme. Mullaväsimuse tingimustes esinev suur bakterite ja seente arvukus ei seostu tingimata nende patogeensusega, sest nad võivad esineda ka väljaspool õunapuude kasvualasid ja nende hulgas on ka taimekasvu soodustavaid; ühe perekonna liigid võivad olla kasulikud või kahjulikud ja isegi üks ja sama liik võib erinevates tingimustes käituda erinevalt (Winkelmann et al., 2019). Suure hulga mikroobide osatähtsus mullaprotsessides pole veel selge (Franke-Whittle et al., 2015). Molekulaarsed meetodid võimaldavad sageli määrata mikroobide rühmi, kuid mitte nende liike. Franke-Whittle jt. (2015) leidsid, et pärmseente *Exophiala* ja *Cryptococcus* suur arvukus mullaväsimuse tingimustes ei näita veel nende patogeensust; samuti seeneperekondade *Mortierella*, ja *Penicillium* esinemine ei seostu tingimata nende patogeensusega, sest nimetatud perekondade esindajad võivad olla ka kommensaalid (kahjutud kaaslejad) või mutualistid (vastastikku kasulikke toimet omavad) (Mazzola, Manici, 2012; Vega et al., 2010).

### Bakterid

Baktereid on märksa vähem uuritud kui patogeenseid seeni (Franke-Whittle et al., 2015), nende kahjulikkuse kohta ei ole ühtset seisukohta. Osa allikaid väidab, et bakterid ei kuulu haigustekitajate hulka (Dullahide et al., 1994; Mazzola, 1998), kuid on ka vastupidiseid seisukohti, et risosfääri mitteparasiitsed organismid (bakterid või aktinobakterid) võivad põhjustada õunapuude kahjustusi (Jaffee, 1981 – viidanud Mai, Abawi, 1981). Võimalik, et sõltuvalt piirkonnast ja mullast haigustekitajad varieeruvad ning osalevad kahjustuste tekkes erineval määral.

Viimase aja uuringud kalduvad enam pooldama bakterite võimalikku osalemist õunapuude mullaväsimuse tekkes: näiteks peetakse kahjulikeks mõningaid baktereid perekondadest *Actinomycetes*, *Bacillus*, *Pseudomonas* (Mazzola, Manici, 2012; Franke-Whittle et al., 2015; Winkelmann et al., 2019).

Kohalik taimestik võib oluliselt mõjutada bakterite ja seente kooslusi, näiteks õunapuuridade all ja rohtunud reavahedel paiknevad mikroobsed kooslused võivad suuresti erineda (Deakin et al., 2018).

### Autotoksilisus

Taimede reaktsioonid haigustekitajatele ilmnevad molekulaarsel tasemel, kuid see valdkond on väga vähe uuritud. Arvatakse, et fenoolsed ühendid võivad toimida antioksidantidena vastuseks mullaväsimusele, eriti floridsiin, mida leitakse suures koguses kahjustunud juurte eritistest (Emmett et al., 2014; Henfrey et al., 2015).

Mullaväsimusega võivad olla seotud veel floretiin, paljud fenoolhapped ja flavonoidid, mis esinevad õunapuude juurtes, lehtedes, kooses ja viljades (Börner, 1959; Winkelmann et al., 2019).

Weiβ jt (Weiβ et al., 2017) kasutasid oma katses mullaväsimuse suhtes tundlikku õunapuualust 'M26'. Noored puud istutati saastunud mulda ning seitsmendaks päevaks peale istutamist taimede kasv märgatavalt halvenes. Tehti kindlaks, et kolmandal päeval algas kiire fütoaleksiinide süntees, mille tingis vastavate geenide aktiveerumine; kümnendal päeval saavutasid fütoaleksiinid juba 26 korda kõrgema taseme. Fütoaleksiinid võivad olla toksilised rakkudele ja hävitada neid ning nende suurenenud eritumine mulda võib omakorda muuta juuri ümbritsevaid mikroobseid kooslusi.

Toksiinide põhjustatud mullaväsimus leiab nii pooldajaid kui ka vastaseid. Peamiste vastuväidetena esitatakse (Cesarano et al., 2017):

- 1) fütotoksilisus on üleminev nähtus, mis kestab mõnest päevast mõne nädalani, samas mullaväsimus võib kesta kuid või isegi aastaid;
- 2) paljud toksiinid, mis erituvad saastunud mullast ja taimejäänustest, on toksilised erinevatele taimedele ja ei seostu kindla liigiga.

### Mullaväsimuse tõrjumise võimalused

Tavapärased mullaväsimuse vastased meetodid on seotud keemilise tõrjega (näiteks Dullahide et al., 1994), kuid keskkonnahoiu vajalikkus sunnib otsima uusi tõrjemeetodeid. Bakterite ja päristuumsete rRNA geenimarkeritel põhinevad uuringud on kindlaks teinud, et mulda asustavad tuhanded erinevad liigid, kes kokku moodustavad toiduvõrgustiku (Mendes et al., 2011; Bonanomi et al., 2016; Cesarano et al., 2017). Pisiloomade ja mikroobide toiduvõrgustike parem tundmine võimaldaks ära kasutada patogeene looduslikke vaenlasi.

Võimalik, et arbuskulaarsed mükoriisased, mõned teised seente perekonnad (*Penicillium*, *Paecilomyces*) ja bakterid (näiteks *Azospirillum*, *Solirubrobacter*) saaksid asendada keemilist tõrjet (Čatská 1994; Franke-Whittle et al., 2015; Ceustermans et al., 2018). Uuringutes on leitud, et 13 liiki *Glomales*-seeni ja seitse liiki ektomükoriisseid seeni võivad kontrollida mulla seenpatogeene perekondadest *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Cylindrocarpon* ja *Phytophthora* (Whipps, 2004).

Tuleks kasutada mullaväsimuse suhtes vastupidavaid õunapuualuseid või aretada nende uusi genotüüpe (Atucha et al., 2014; Weiβ et al., 2017). Ennetavalt võib mulda lisada ristõieliste seemnejahu, kuna ristõielised sisaldavad patogeene tõrjuvaid glükosinolaate. Näiteks 0,1% rapsi (*Brassica napus*) seemnejahu kasutamine soodustab õunapuude kasvu, pidurdab parasiitseente *Rhizoctonia* spp. ja nematoodiliigi *Pratylenchus penetrans* arengut ning suurendab bakterite ja aktinobakterite arvukust (Mazzola et al., 2001) Mulla omadusi ja istikute elujõulisust saab parandada komposti abil (Forge et al., 2016). Rohke mineraalväetiste kasutamine ei vii soovitud tulemusteni, sest lisaks keskkonna kahjudele võib muld hapestuda ja soolduda (Cesarano et al., 2017). Vana meetod monokultuuride vältimiseks on kultuurtaimede

rotatsioon. Abi on ka polükultuuridest, s.t erinevate taimeliikide samaaegsest kasvatamisest, mis kõige enam jälgendaks looduslikke kooslusi.

Õunaaedadesse sobib keskkonnasäästlik tehnoloogia, mille puhul hoitakse reavahed rohukamaras, oksamass ja vana kannustik purustatakse (Zettur, Univer, 2015). Seejärel saprotroofsed organismid (seened, bakterid) asuvad lagundama puitu ja aitavad kaasa looduslikule aineringle.

Mullaelustiku parem tundmine, õunapuuaedade säästlik ja looduslähedane majandamine, aga ka erinevat liiki haljasväetiste kasvatamine võimaldaks soodustada kasulike organismide elutegevust, nende võitlust patogeenidega, säilitaks mullaviljakuse ning tagaks õunapuude hea kasvu ja saagikuse.

## Kokkuvõte

Õunapuude mullaväsimus kui keerukas probleem on pälvinud tähelepanu kogu maailmas – samasse kohta istutatud õunapuud ei hakka hästi kasvama, viljakandmise aeg hilineb ja täisealisena ei saavuta puude võrad soovitud mahtu. Majanduslik kahju algab istikute nõrgenenud kasvuga ja ulatub viljakande aega. Eriti kannatavad mullaväsimuse tõttu puukoolid, kus istikute rotatsiooniaeg on lühem ja kordusistutuste arv suurem.

Vaatamata sellele, et õunapuude mullaväsimust on pikemat aega uuritud, ei ole leitud selle ühtset ja selget põhjust. Probleemi tuleb käsitleda kompleksena ja arvestada mitme teguriga, mis varieeruvad piirkonniti ja isegi ühe õunapuuistandiku ulatuses. Nende hulka kuuluvad nii abiootilised kui biootilised tegurid, neist viimaseid peetakse olulisemateks (nematooded, patogeensed seeni, baktereid). Õunapuud ise reageerivad haigustekitajatele molekulaarsel tasandil, eritades kaitseaineid, mis kokkuvõttes võivad olla kahjulikud neile endile ja hävitada elusaid rakke. Floridsiin, floretiin, fütoaleksiinid on vaid osa võimalikest mullaväsimusega seotud orgaanilistest ühenditest; siiski on seda valdkonda veel väga vähe uuritud.

Traditsiooniliselt on mullaväsimuse vastu võideldud kemikaalidega, kuid enam abi tuleks otsida looduslikest vahenditest. Mõned seened (näiteks arbuskulaarsed, hallitusseened) ja bakterid saaksid pakkuda alternatiivseid tõrjevõimalusi. Tuleks aretada ja valida mullaväsimuse suhtes vastupidavamaid pookealuseid, kasutada looduslikke mullalisandeid (näiteks komposti, rapsi seemnejahu). Kultuurtaimede rotatsioon, polükultuurid, rohukamaras õunapuude reavahed, lähedal asuvad looduslikud taimekooslused aitaksid kaasa mullamikroobide mitmekesisusele ja vähendaksid ühekülgset patogeeni kogunemist.

Mullaelustik on väga keerukas ja vähe uuritud süsteem. Tundes paremini mulla pisiloomade ja mikroobide toiduvõrgustikke, nende omavahelisi suhteid ja konkurentsi saaks luua ebasoodsaid tingimusi haigustekitajatele ning kokkuvõttes soodustada taimede kasvu.



## Tänuavaldused

Autorid on tänulikud Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi mükoloogidele heatahtliku koostöö eest puitu lagundavate seente uurimisel Polli aiandusuuringute keskuse renoveeritavas õunapuuistanduses.

## Kasutatud kirjandus

- Atucha, A., Emmett, B., Bauerle, T.L. 2014. Growth rate of fine root systems influences rootstock tolerance to replant disease. – *Plant Soil* **376**, 337–346.
- Bonanomi, G., De Filippis, F., Cesarano, G., La Stora, A., Ercolini, D., Scala, F., 2016. Organic farming induces changes in soil microbiota that affect agro-ecosystem functions. – *Soil Biology and Biochemistry* **103**: 327–336.
- Börner, H. 1959. The apple replant problem. I. The excretion of phlorizin from apple root residues. – *Contributions of the Boyce Thompson Institute* **20**: 39–56.
- Čatská, V. 1994. Interrelationships between vesicular-arbuscular mycorrhiza and rhizosphere microflora in apple replant disease. – *Biologia Plantarum* **36** (1), 99–104.
- Cesarano, G., Zotti M., Antignani, V., R. Marra, R., Scala, F., Bonanomi, G. 2017. Soil sickness and negative plant-soil feedback: a reappraisal of hypothesis. – *Journal of Plant Pathology* **99**, 545–570.
- Ceustermans, A., Van Hemelrijck, W., 1, Van Campenhout, J., Dany Bylemans, D. 2018. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on *Pratylenchus penetrans* infestation in apple seedlings under greenhouse conditions. – *Pathogens* **7** (4), 1–10.
- Deakin, G., Tilston, E., Bennett, J., Passey, T., Harrison, N., Fernández-Fernández, F., Xu, X. 2018. Spatial structuring of soil microbial communities in commercial apple orchards. – *Applied Soil Ecology* **130**, 1–12.
- Dullahide, S.R., Stirling, G.R., Nikulin, A., Stirling, A.M. 1994. The role of nematodes, fungi, bacteria, and abiotic factors in the etiology of apple replant problems in the Granite Belt of Queensland. – *Australian Journal of Experimental Agriculture* **34**, 1177–1182.
- Emmett, B., Nelson, E.B., Kessler, A., Bauerle, T.L. 2014. Fine-root system development and susceptibility to pathogen colonization. – *Planta* **239**, 325–340.
- Forge, T., Neilsen, G., Neilsen, D. 2016. Organically acceptable practices to improve replant success of temperate tree-fruit crops. – *Scientia Horticulturae* **200**, 205–214.
- Franke-Whittle, I.H., Manici, L.M., Insam, H., Stres, B. 2015. Rhizosphere bacteria and fungi associated with plant growth in soils of three replanted apple orchards. – *Plant and Soil* **395**, 317–333.
- Granatstein, D., Mazzola, M. 2001. Alternatives to fumigation for control of Apple Replant Disease in Washington State orchards. – *Integrated Fruit Production IOBC/wprs Bulletin* **24**, 265–271.
- Grunewaldt-Stöcker, G., Mahnkopp, F., Popp, C., Maiss, E., Winkelmann, T. 2019. Diagnosis of apple replant disease (ARD): Microscopic evidence of early symptoms in fine roots of different apple rootstock genotypes. – *Scientia Horticulturae* **243**, 583–594.
- Henfrey, J.L., Baab, G., Schmitz, M. 2015. Physiological stress responses in apple under replant conditions. – *Scientia Horticulturae* **194**, 111–117.
- Hoestra, H. 1968. Replant diseases of apple in the Netherlands. PhD Thesis, Agricultural University, Wageningen, pp. 1–105.
- Jaffee, B.A. 1981. Etiology of an apple replant disease. PhD thesis. Cornell University, Ithaca, NY. 65 pp

- Klironomos, J.N. 2002. Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities. – *Nature* **417**, 67–70.
- Mai, W.F., Abawi, G.S. 1981. Controlling replant diseases of pome and stone fruits in North-eastern United States by preplant fumigation. – *Plant Disease* **65**, 859–864.
- Manici, L.M., Kelderer, M., Franke-Whittle, I.H., Rühmer, T., Baab, G., Nicoletti, F., Caputo, F., Topp, A., Insam, H., Naef, A. 2013. Relationship between root-endophytic microbial communities and replant disease in specialized apple growing areas in Europe. – *Applied Soil Ecology* **72**, 207–214.
- Mazzola, M. 1998. Elucidation of the microbial complex having a causal role in the development of apple replant disease in Washington. – *Phytopathology* **88**, 930–938.
- Mazzola, M., Granatstein, D.M., Elfving, D.C., Mullinix, K. 2001. Suppression of specific apple root pathogens by *Brassica napus* seed meal amendment regardless of glucosinolate content. – *Phytopathology* **91**, 673–679.
- Mazzola, M., Manici, L. M. 2012. Apple replant disease: Role of microbial ecology in cause and control. – *Annual Review of Phytopathology* **50**, 45–65.
- Mendes, R., Kruijt, M., de Bruijn, I., Dekkers, E., van der Voort, M., Schneider, J.H.M., Piceno, Y.M., DeSantis, T.Z., Andersen, G.L., Bakker, P.A.H.M., Raaijmakers, J.M. 2011. Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria. – *Science* **332** (6033), 1097–1100.
- Schreiner, O., Sullivan, M.X. 1908. Soil fatigue caused by organic compounds. – *Journal of Biological Chemistry* **6**, 39–50.
- Smith, T.J. 1995. Orchard Update: Washington State University Coop. Ext. Bull. September issue, Pullman, WA.
- Spath, M., Insam, H., Peintner, U., Kelderer, M., Kuhnert, R., Franke-Whittle, I.H. 2015. Linking soil biotic and abiotic factors to apple replant disease: a greenhouse approach. – *Journal of Phytopathology* **163**, 287–299.
- Tilston, E.L., Deakin, G., Bennett, J., Passey, T., Harrison, N., O'Brien, F., Fernández-Fernández, F., Xu, X. 2018. Candidate causal organisms for apple replant disease in the United Kingdom. – *Phytobiomes Journal* **2**, 261–274.
- Traquair, J.A. 1984. Etiology and control of orchard replant problems: a review. – *Canadian Journal of Plant Pathology* **6**, 54–62.
- Vega, F.E., Simpkins, A., Aime, M.C., Posada, F., Peterson, S.W., Rehner, S.A., Infante, F., Castillo, A., Arnold, A.E. 2010. Fungal endophyte diversity in coffee plants from Colombia, Hawaii, Mexico and Puerto Rico. – *Fungal Ecology* **3**, 122–138.
- Weiße, S., Liu, B., Reckwell, D., Beerhues, L., Winkelmann, T. 2017. Impaired defense reactions in apple replant disease-affected roots of *Malus domestica* 'M26'. – *Tree Physiology* **37**, 1672–1685.
- Whipps, J.M. 2004. Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. – *Canadian Journal of Botany* **82**, 1198–1227.
- Winkelmann, T., Smalla, K., Amelung, W., Baab, G., Grunewaldt-Stöcker, G., Kanfra, X., Meyhöfer, R., Reim, S., Schmitz, M., Vetterlein, D., Wrede, A., Zühlke, S., Grunewaldt, J., Stefan Weiß, S., Schlöter, M. 2019. Apple replant disease: Causes and mitigation strategies. – *Current Issues in Molecular Biology* **30**, 89–105.
- Zettur, I., Üniver, T. 2015. Puitu lagundavad seemned renoveeritavas õunapuuistanduses. – *Agronomia*, 195–198.

# Vihmaussikoosluste struktuur ja mulla mikroobikoosluse aktiivsus suvinisu mahe- ja tavatootmispõldudel

Mari Ivask<sup>1,3</sup>, Riinu Kiiker<sup>2</sup>, Kaire Loit<sup>2</sup>, Marian Põldmets<sup>1</sup>, Jane Raamets<sup>3</sup>, Merit Shanskiy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi mullateaduse õppetool

<sup>2</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

<sup>3</sup> Tallinna Tehnikaülikooli Inseneriteaduskond, Tartu kolledž

---

**Abstract.** Ivask, M., Kiiker, R., Loit, K., Põldmets, M., Raamets, J., Shanskiy, M. 2020. Structure of earthworm communities and soil microbial activity in organic and conventional spring wheat fields. – Agronomy 2020

Soil fertility is one of the ecosystem services provided by rapidly declining biodiversity. The development of new innovative agricultural technologies that preserve biodiversity is one way of stopping the decline in soil fertility. It is important to identify potential hazards and to find ways to mitigate them, followed by the identification and development of management practices that could enhance the genetic and functional diversity of soil micro and macro organisms to promote synergies between plants and soil organisms. A deliberate combination of biological, physical, chemical and mechanical agricultural technologies is playing an increasingly important role in sustainable management. In order to increase the biodiversity of agricultural soils, it is necessary to acknowledge the benefits of soil biota in agricultural production and to implement new technologies that take this into account. The introduction of new technologies by farmers requires proof of the economic and environmental viability of soil biodiversity management. Such an approach will result in the promotion of the stability and resilience of agro-ecosystems. Numerous studies around the world have shown that earthworms have a positive effect on soil properties and thereby on soil fertility and crop yield. Soil microorganisms play an important role in soil fertility due to their important role in organic matter degradation and humus formation, and are affected by climate and soil conditions, soil tillage and other agricultural activities. In 2019, we started surveying of soil biota to determine the status of some soil biota groups (earthworms, microbial communities) in organically and conventionally managed fields, and monitoring how they are affected by the technologies applied in the fields. The abundance and biomass of the earthworm communities were rather low due to the relatively low soil moisture, however, the moisture content did not affect significantly the species diversity and the ecological structure of the earthworm communities. The respiratory activity of microbial community and the microbial biomass (SIR) were higher in organically managed soils.

**Keywords:** soil, earthworms, microbial community, organic farming, conventional farming.

---

## Sissejuhatus

Meie keskkonna seisund halveneb ja ohtu on sattunud elutähtsate loodushüvede säilimine. Üks kiiresti kahaneva väärtusega elurikkuse poolt pakutav ökosüsteemi teenus on mullaviljakus. Uute innovatiivsete elurikkust säilitavate põllumajandustehnoloogiate väljatöötamine on üks võimalus mullaviljakuse vähenemise peatamiseks. Seejuures on oluline kindlaks teha võimalikud ohud ja leida võimalused nende vähendamiseks, seejärel tuleb välja selgitada ja arendada sellised majandamisvõtted, mis suurendavad mulla mikro- ja makroorganismide geneetilist ja funktsionaalset mitmekesisust ning edendavad seeläbi taimede ja mullaorganismide sünergilist koostoimet.

Mitmete sünteetiliste pestitsiidide turustus- ja kasutuskeelud on loonud olukorra, kus elurikkuse poolt pakutavate ökosüsteemi teenuste kasutamine on saamas sünteetiliste pestitsiidide kasutamise alternatiivseks lahenduseks. Jätkusuutlikuks majandamiseks on järjest olulisem roll bioloogiliste, füüsikaliste, keemiliste ja mehaaniliste põllumajandustehnoloogiate läbimõeldud kombineerimisel. Põllumuldade bioloogilise mitmekesisuse suurendamiseks on vaja teadvustada mullaelustikust tulenev kasu põllumajandustootmises ning rakendada sellega arvestavaid uusi tehnoloogiaid. Et põllumajandustootjad võtaksid uued tehnoloogiad kasutusele, tuleb tõestada mulla bioloogilise mitmekesisuse majandamise majanduslik ja keskkonnanalane tasuvus. Kokkuvõttes on sellise lähenemisviisi tulemuseks agroökosüsteemide suurem stabiilsus ja vastupidavus.

Arvukad uurimused kogu maailmas on tõestanud, et vihmaussid avaldavad positiivset mõju mulla omadustele ja selle kaudu mulla viljakusele ning kultuuride saagikusele (Edwards, Bohlen, 1996). Vihmaussikooslused on ka head indikaatorid mullaseisundi hindamisel (Haynes, Tregurtha, 1999). Mullas elavad mikroorganismid on mullaviljakuse oluliseks osaks nende tähtsa osa tõttu orgaanilise aine lagundamisel ja huumuse tekkel, nad on mõjutatud kliima- ja mullatingimuste, muldharimise ja muu põllumajandustegevuse poolt (Truu et al., 2008). Oma seotuse tõttu mullaparametritega mõjutab mikroobikooslus oluliselt ka mullaselgrootute koosluste arvukust ja mitmekesisust (Lavelle, Spain, 2001). 2019. aastal alustasime mullaelustiku uuringuid eesmärgiga teha kindlaks mõnede mullaelustikugruppide (vihmaussid, mikroobikooslus) seisund mahe- ja tavatootmispõldudel ning jälgida, kuidas neid mõjutavad põldudel rakendatud tehnoloogiad. Projektis on partnerina kaasatud MTÜ Põllukultuuride klaster, mis on kutsutud ellu selleks, et leida lahendused mullaviljakuse, toitainete leostumise ja taimekaitsevahendite jääkide mulda kumuleerumise probleemile, mis puudutab suurt osa taimekasvatusega tegelevatest põllumajandusettevõtetest. Klasteri liikmeskonna moodustavad Eesti põllumajandusettevõtjad, kes on huvitatud koostööst teadlastega nimetatud probleemidele lahenduste otsimisel, et hiljem saadud tulemusi oma ettevõttes rakendada ning teistele kogemusi jagada.

Artiklis võetakse kokku andmed mullaelustikukoosluste seisundi kohta 10 tava- ja 10 maheviljelusega suvinisupõllul, mis on aluseks edasisele uurimistööle innovatiivsete põllumajandustehnoloogiate rakendamise mõju väljaselgitamisel. Analüüsitakse järgmisi koosluste parameetreid: vihmausside arvukus ja biomass, liigiline ja eluvormiline mitmekesisus, mikroobikoosluse respiratoorne aktiivsus ja mikroobne C mullas, arutletakse mullaniiskuse ja tootmisviisi mõju üle mullaelustikule.

## Materjal ja meetodika

Mullaelustiku proovid käesoleva uurimuse jaoks on kogutud MTÜ Põllukultuuride klaster liikmete 10 tava- ja 10 maheviljelusega suvinisupõllul 27.08-19.09.2019, põllud paiknesid Tartumaal (6 põldu), Pärnumaal (6 põldu), Viljandimaal (4 põldu), Valgamaal (2 põldu) ja Lääne-Virumaal (2 põldu). Valitud põldude harimistehnoloogiate kohta käiv info kaardistatakse. Mullastik oli põldudel erinev (näivleetunud

muld LP 5 põldu, leetjas muld KI 5 põldu, leostunud muld Ko 4 põldu, 6 põllul oli tegemist leostunud gleimullaga Go, lisaks esines gleistumine 7 põllul. Valitud põldude võrreldavuse aluseks on viljelustehnoloogia (mahe/tava) ja kasvatatav kultuur (suvinisu), põldude valiku meetodilised alused on heaks kiidetud projekti SoildiverAgro konsortsiumi poolt.

Mullaproovid koguti vastavalt projekti metoodikale. Põllumassiivil tähistati 1 ha suurune proovivõtuala. Tähistatud alal märgistati vihmausside kogumiseks spetsiaalse süsteemi alusel kolm proovivõtupunkti. Vihmausside kogumisel kasutati kombinatsiooni kahest meetodist: käsitsisorteerimine (Meyer, 1996) ja vermifuugi meetod (Gunn, 1992). Mullapinnal märgiti ära prooviruut 50 x 50 cm, eemaldati maaapealne taimestik, kontrolliti varise- ja kõdukihis vihmausside olemasolu ning koguti seal olnud ussid. Mulla ülemine 20 cm kiht kaevati välja ja asetati kilele, sorteeriti käsitsi ja koguti kõik mullas olnud ussid. Kaeve põhi töödeldi sinepipulbri 15%-lahusega (toimeaine – allüülsotiotsüanaat AITC) ja korjati selle toimele kaeve põhjale ilmunud ussid. Laboris ussid pesti, fikseeriti alkoholis, kaaluti ning määrati liigini (Timm, 1999; Sims, Gerard, 1999; Krück, 2018). Mikroobikoosluse ja mullaniiskuse analüüsideks koguti steriilse mullapuuriga spetsiaalse siksak-süsteemi alusel 60 mullaproovi mullakihist 0–25 cm, need segati üheks koondprooviks ning homogeniseeriti. Proovid säilitati kuni analüüsimiseni 4° C juures. Mullaniiskus määrati homogeniseeritud mullaproovist kaalumetodil. Mulla mikroobikoosluse hingamisaktiivsuse ja mikroobide biomassi määramiseks (SIR meetodil) kasutati WTW OxiTop® manomeetrilist mõõtmisüsteemi, mikroobide biomassi mullas hinnati substraadi poolt indutseeritud hingamise (SIR) alusel (Platen, Wirtz, 1999; Reuschenbach et al., 2003).

Mahe- ja tavapõldude keskmiste näitajate võrdlemisel kasutati Mann-Whitney U-testi, parameetrite vaheliste seoste leidmisel kasutati Spearman'i korrelatsioonanalüüsi (Statistica 10, StatSoft).

## Tulemused ja arutelu

Põldudelt koguti 1063 vihmaussi isendit, kokku 8 liigist. Vihmaussiliikide arv põldudel oli enamasti 3-5, keskmiselt oli põllul  $4,4 \pm 0,3$  liiki. Kõige enam vihmaussiliike (7) esines Tartumaa mahetootmispõllul (KIg), ainult ühest liigist usse koguti Valgamaa tavatootmispõllul (KI). Vihmaussikoosluste keskmised näitajad mahe- ja tavatootmispõldudel on esitatud tabelis 1.

Põhiosa meie põllumuldades elavatest vihmaussidest on endogeilise eluviisiga, nad asustavad ülemist mullakihti, kus asub taimejuurte põhimass. Elutegevuse käigus uuristavad nad nii horisontaalseid kui ka vertikaalseid urgusid, ja neelavad selle tegevuse käigus suurtes kogustes mulda, mis läbib nende seedekulgla ja väljutatakse seejärel koproliitidena mulda (Bertrand et al., 2015). Need liigid mõjutavad muldkeskkonda, nende tegevuse läbi paranevad mulla hüdroloogiline ja õhurežiim ning tänu koproliitide suurele toitainetesisaldusele muutub arvukamaks ja mitmekesisemaks mulla mikroobikooslus (Edwards, Bohlen, 1996). Sellise eluviisiga ussid on kõige vastupidavamad põllumajandustegevusele (Ivask et al., 2007). Harilik mul-

lauss (*Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826)) on Eesti põllumuldade tavalisim liik, meie uuringus moodustas see liik peamise osa kõigist ussidest – 71% ja esines kõigi põldude mullas. Roosa mullauss (*A. rosea* (Savigny, 1826)) moodustas 9.3% koosluse ussidest, leidis kõigil mahepõldudel ja puudus kahel tavatootmispõllul. Vähearvukalt esinesid kaevete mullas roheline mullauss (*Allolobophora chlorotica* (Savigny, 1826)) (6 põllul) ja sinakas soouss (*Octolasion cyaneum* (Savigny, 1826)) (1 põllul).

Aneetsilised vihmaussiliigid olid uuritud põldude mullas esindatud väikesearvuliselt. Nende vertikaalsed sügavad urud mõjutavad oluliselt mulla veerežiimi ja nende elutegevuse tulemusena varustatakse taimse orgaanilise ainega sügavamaid mullakihte (Edwards, Bohlen, 1996). Kündmine kahjustab usside vertikaalseid urge. Suur mullauss (*Aporrectodea longa* (Ude, 1885)) moodustas 8,5% kõigist ussidest, hariliku vihmaussi (*Lumbricus terrestris* Linnaeus, 1758) osa koosluse arvukuses oli 1,3%.

Epigeilised liigid veedavad kogu elu varise- ja kõdukihis, mullapinnal. Nad on tundlikud elupaiga tingimuste, eeskätt niiskuse ja happesuse suhtes, samas ka kõige tundlikumad põllumajandustegevuse suhtes (Edwards, Bohlen, 1996). Punane vihmauss (*Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843) moodustas 6% kogutud ussidest, tume vihmauss (*L. castaneus* (Savigny, 1826)) leidis 4 põllul üksikute isenditena.

**Tabel 1.** Vihmaussi- ja mikroobikoosluste keskmised näitajad ( $\pm$ SE) mahe- ja tavatootmispõldudel

Näitaja	Mahetootmispõllud	Tavatootmispõllud
Vihmausside arv, isendit m <sup>-2</sup>	67,86 $\pm$ 18,68	73,84 $\pm$ 7,10,58
Vihmausside biomass, g m <sup>-2</sup>	27,29 $\pm$ 7,10	35,71 $\pm$ 7,20
Isendi keskmine mass, g	0,370 $\pm$ 0,002	0,475 $\pm$ 0,052
Liikide arv põllul	4,3 $\pm$ 0,4	4,6 $\pm$ 0,5
Harilik mullauss, isendit m <sup>-2</sup>	47,46 $\pm$ 15,78	53,87 $\pm$ 7,14
Roosa mullauss, isendit m <sup>-2</sup>	8,53 $\pm$ 2,02	4,67 $\pm$ 1,57
Roheline mullauss, isendit m <sup>-2</sup>	1,6 $\pm$ 0,88	1,12 $\pm$ 0,70
Suur mullauss, isendit m <sup>-2</sup>	5,6 $\pm$ 1,76	6,4 $\pm$ 3,50
*Harilik vihmauss, isendit m <sup>-2</sup>	0,27 $\pm$ 0,18	1,6 $\pm$ 0,48
punane vihmauss, isendit m <sup>-2</sup>	2,53 $\pm$ 0,83	6,0 $\pm$ 1,92
Tume vihmauss, isendit m <sup>-2</sup>	0,13 $\pm$ 0,13	0,4 $\pm$ 0,20
*Sinakas soouss, isendit m <sup>-2</sup>	1,73 $\pm$ 1,73	0
Endogeiliste usside osakaal, %	83,14 $\pm$ 3,29	84,99 $\pm$ 4,22
Aneetsiliste usside osakaal, %	11,45 $\pm$ 2,90	8,152 $\pm$ 2,79
Epigeiliste usside osakaal, %	5,39 $\pm$ 1,81	7,22 $\pm$ 2,38
Dominantliigi osakaal, %	62,35 $\pm$ 5,34	76,35 $\pm$ 4,07
*Mikroobikoosluse BA, mg O <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> kuiva mulla kohta tunnis	2,379 $\pm$ 0,159	1,332 $\pm$ 0,095
Mikroobne süsinik (SIR), mg g <sup>-1</sup> kuiva mulla kohta	2,208 $\pm$ 0,009	0,190 $\pm$ 0,013
Mullaniiskus, %	6,92 $\pm$ 0,88	7,63 $\pm$ 0,28

\*Keskmiste erinevus on statistiliselt usaldusväärne



Vihmausside arvukus mullas sõltub paljudest teguritest, millest olulisemad on maakasutus, niiskuse- ja orgaanilise aine sisaldus ning mulla happesus. Enamasti hinnatakse, kui palju vihmausse (üldarvuna või liikide kaupa) leitakse 1 m<sup>2</sup> suuruse prooviruudu mullast. Põllumuldades leidub keskmiselt 30...100 vihmaussi m<sup>2</sup>, kuid arvukus võib olla ka madalam või kõrgem. Meie uuringu raames leidsid arvukamalt vihmausse Viljandimaa mahepõllul (Go) (201,27 isendit m<sup>-2</sup>), Tartumaa tavapõllul (KI) (134,67 isendit m<sup>-2</sup>), Tartumaa mahepõllul (LP) (120 isendit m<sup>-2</sup>) ja Viljandimaa tavapõllul (LPg) (104 isendit m<sup>-2</sup>). Kõigil teistel põldudel jäi arvukus madalamaks (1–81 isendit m<sup>-2</sup>).

Üks vihmaussikooslust iseloomustav näitaja on isendite biomass mingil kindlal pindalal (näiteks 1 m<sup>2</sup> mullapinna kohta), seda näitajat mõjutab oluliselt koosluse liigiline koosseis, kuna erinevate liikide täiskasvanud isendite kehamass võib erineda kümneid kordi, aga ka koosluse vanuseline struktuur, samuti toitainete sisaldus mullas. Vihmaussikoosluse biomass oli madalam mahepõldudel (27,29±7,10 g m<sup>-2</sup>) ja mõnevõrra kõrgem tavapõldudel (35,71±7,20 g m<sup>-2</sup>), erinevus ei olnud statistiliselt usaldusväärne. Isendi keskmine biomass oli samuti mõnevõrra kõrgem tavatootmispõldude mullas (Tabel 1).

Mulla niiskusesisaldus mõjutas vihmaussikooslusi oluliselt, see oli statistiliselt usaldusväärselt seotud nii vihmausside biomassiga ( $r=0,726$ ,  $p<0,05$ ) kui ka arvukusega ( $r=0,733$ ,  $p<0,05$ ). Liikide parameetritest korreleerus niiskusesisaldusega kõige arvukama liigi - hariliku mullaussi arvukus ( $r=0,716$ ,  $p<0,05$ ), samuti niiskustingimuste suhtes väga nõudliku tumeda vihmaussi arvukus ( $r=0,499$ ,  $p<0,05$ ).

Vihmaussikoosluste näitajad 2019.aastal olid võrreldavad varem Eesti põllumuldades tehtud uuringute tulemustega (Ivask et al., 2007; 2008). Veidi madalam keskmine arvukus ja biomass vaatlusaastal on ilmselt seotud suhteliselt madala mulalaniiskusega.

Vihmaussikoosluse elupaiga iseloomustamiseks kasutatakse sageli mitmeid mikroobikoosluse näitajaid, kuna on tõestatud vihmausside ja mullamikroobide vaheline vastastikune nii otsene kui ka kaudne seos (Edwards, Bohlen, 1996; Lavelle, Spain, 2001), samuti mahetootmise positiivne mõju mikroobikoosluste aktiivsusele ja biomassile (Truu et al., 2008). Käesolevas uuringus oli mulla mikroobikoosluse respiratoorne aktiivsus keskmiselt 2,379±0,159 mg O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> kuiva mulla kohta tunnis mahepõldudel (põldude lõikes 1,690 – 3,165) ja 1,332±0,095 mg O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> kuiva mulla kohta tunnis tavapõldudel (põldude lõikes 0,845 – 1,819), erinevus oli statistiliselt oluline ( $p<0,05$ ) (Tabel 1). Mikroobikoosluse keskmine biomass (mikroobse süsiniku sisaldus mullas) oli suurem mahepõldudel (2,208±0,009 mg g<sup>-1</sup> kuiva mulla kohta) ja väiksem tavapõldudel (0,190±0,013 mg g<sup>-1</sup> kuiva mulla kohta). Kõrgem respiratoorne aktiivsus mahepõldudel, sõltumata mullastiku erinevustest, viitab asjaolule, et mahetootmise poolt mikroobikooslusele avalduv negatiivne mõju on oluliselt väiksem võrreldes tavatootmisega. Varem tootmispõldudel tehtud uuringutes on jõutud sarnastele tulemustele. Truu jt (2006; 2008) on järeldanud, et mikrobioloogilised parameetrid eristasid hästi erinevatest agrotehnilistest võtetest tulenevat mõju mulla mikroorganismide aktiivsuse erinevatele aspektidele ning et mahepõl-

lumajanduse põhimõtete järgimine põhjustab mikroobide biomassi suurenemise ja mikroobide aktiivsuse tõusu mullas.

## Kokkuvõte

10 mahepõllul ja 10 tavapõllul leiti kokku 8 liigist vihmausse, koosluste arvukus erinevatel põldudel oli 8–201 isendit m<sup>-2</sup>, biomass 1–76 g m<sup>-2</sup>. Analüüsitud vihmaussikoosluste arvukus ja biomass olid pigem keskmistest madalamate väärtustega, mis ilmselt oli mõjutatud vaatlusaasta suhteliselt vähesest mullaniiskusest, samas ei mõjutanud mullaniiskus oluliselt vihmaussikoosluste liigilist mitmekesisust ja koosluse ökoloogilist struktuuri. Mulla mikroobikoosluste näitajad on seotud tootmisviisiga, mahepõldude mullas olid kõrgemad nii mikroobikoosluse respiratoorne aktiivsus kui ka biomass (mikroobse süsiniku sisaldus mullas).

## Tänuavaldused

Uurimistöö on läbi viidud RP Horizon 2020 projekti 817819 „Soil biodiversity enhancement in European agroecosystems to promote their stability and resilience by external inputs reduction and crop performance increase (SoildiverAgro)“ raames.

## Kasutatud kirjandus

- Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen, J., de Oliveira, T., Roger-Estrade, J. 2015. Earthworm services for cropping systems. A review. - *Agronomy for Sustainable Development* 35, 553–567
- Edwards, C.A., Bohlen, P.J., 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. London, Chapman & Hall, 426 pp.
- Gunn, A. 1992. The use of mustard to estimate earthworm population. – *Pedobiologia*, 36, 65–67
- Haynes, R.J., Tregurtha, R., 1999. Effects of increasing periods under intensive arable vegetable production on biological, chemical and physical indices of soil quality. - *Biol. Fertil. Soils* 28, 259–266
- Ivask, M., Kuu, A., Sizov, E. 2007. Abundance of earthworm species in Estonian arable soils. - *European Journal of Soil Biology* 43, S39–S42
- Ivask, M., Kuu, A., Meriste, M., Truu, J., Truu, M., Vaater, V. 2008. Invertebrate communities (Annelida and epigeic fauna) in three types of Estonian cultivated soils. - *European Journal of Soil Biology* 44, 532 – 540
- Krück S. 2018. *Bildatlas zur Regenwurmbestimmung, mit einem Kompendium der Regenwurmfauna des Norddeutschen Tieflands*. Natur+Text, Rangsdorf, 196 S.
- Lavelle P., Spain A.V., 2001. *Soil Ecology* - Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, 654 pp.
- Meyer E., 1996. Methods in soil zoology. - *Methods in soil Biology*. Schinner F., Öhlinger R., Kandeler E. & Margesin R. (Eds.), Springer LAB Manual. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 313–382
- Platen, H., Wirtz, A. 1999. *Application of analysis no 1: Measurement of the respiration activity of soils using the OxiTop® Control measuring system*. Basic principles and pro-



- cess characteristic quantities. Wissenschaftlich- Technische Werkstätten GmbH & Co. Germany.
- Reuschenbach, P., Pagga, U, Strotmann, U. 2003. A critical comparison of respirometric biodegradation tests based on OECD 301 and related test methods. - *Water Research* 37. p. 1571-1582
- Sims R.W., Gerard B.M. 1999. *Earthworms*. Synopses of the British Fauna (New Series). Ed. By R.S.K.Barnes, J.H.Crothers, No 31, 170 pp.
- Timm, T., 1999. *Eesti rõngusside (Annelida) määraja. A Guide to the Estonian Annelida*. Looduseuuri ja käsiraamatud 1. - Eesti Loodusuuri ja Seltsi väljaanne. Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tartu-Tallinn, 208 lk.
- Truu, M., Truu, J., Ivask, M. 2006. Mikrobioloogiliste näitajate kasutamine agrotehniliste võtete mõju hindamisel Eesti põllumuldades. - *Kaasaegse ökoloogia probleemid. Loodushoiu majandushoovad*. Eesti X Ökoloogiakonverentsi lühiaartiklid. Toim. T.Frey, Tartu, 200-204
- Truu, M., Truu, J., Ivask, M. 2008. Soil microbiological and biochemical properties for assessing the effect of agricultural management practices in Estonian cultivated soils. - *European Journal of soil biology* 44, 231-237

# Üldlämmastiku sisaldusest põllumajandusmaade muldkattes

Raimo Kõlli, Karin Kauer, Tõnu Tõnutare

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi mullateaduse õppetool

**Abstract.** Kõlli, R., Kauer, K., Tõnutare, T. 2020. About total nitrogen content in the soil cover of agricultural lands. – Agronomy 2020.

Nitrogen plays a leading role in the formation and functioning of which ever terrestrial ecosystem. From the nitrogen status of soil cover depends its suitability for crops and potential productivity, and the functioning activity of formed on it agroecosystem. The main attention is paid to the total nitrogen concentration ( $\text{g kg}^{-1}$ ), superficial density or stock ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) and ratio C:N in the dominating soil species. The named, characterizing soils' nitrogen status parameters, are analyzed by the dominated arable and grasslands' soil species in different levels of their profiles integration as (1) humipedon, (2) soil cover or solum, and (3) metric layer of soil. The research embraces besides humipedon also the subsoil, and the parent material or substrate of the soil cover. As a result of long lasting agricultural activity in the agricultural areas in Estonia the best possible soils of the region have been taken into use.. In the Northern part of Estonia the best soils on agricultural landscapes are typically leached and eluviated soils (Cambisols, Luvisols), but in the Southern part – pseudopodzolic and ameliorated sod-podzolic soils (Retisols, Podzols). In all territories these soils are accompanied in more or less extent by the drained gley-soils (Gleysols) and peat soils (Histosols), which are bordered on transitional area by peaty soils. For the main outcome of the work are the generalized nitrogen status indices of the dominated agriculturally used soil species, which are given in cells of the Estonian normally developed mineral and peat soil's complex matrix.

**Keywords:** pedocentric approach, humipedon, soil cover (solum), total nitrogen concentration and stock, C:N ratio

## Sissejuhatus

Muldkatte lämmastikseisundil on oluline roll mistahes maismaaökosüsteemi moodustumises ja talitlemises, kuna sellest sõltub mulla viljakus, tema talitlemise (sh vare lagunemise) intensiivsus ja elurikkus ning muldkatte sobivus põllu-, rohu- või metsamaaks. Mistahes muldkatte N-seisund sõltub ennekõike selle koosseisus domineerivatest mullaliikidest ja mullastikulisest mitmekesisusest. N-seisund sõltub väga palju ka mullavälistest teguritest nagu kliimatilised tingimused, ala geoloogia ja hüdrograafia (DeBusk et al., 2001). Mitte vähe ei ole mulla seisund sõltuv ka ühiskonna suhtumisest maakasutuse ja muldade kaitse poliitikasse. Et suurem osa lämmastikust ja osa taime tooteelementidest ringleb mulla orgaanilise aine koosseisus, määrab mulla huumusseisund vägagi palju ka tema N-seisundis (Chapman et al., 2013).

Mulla N-seisundi mõistmiseks on vajalikud andmed mulla üldlämmastiku ( $N_{\text{uld}}$ ) ja orgaanilise süsiniku ( $C_{\text{org}}$ ) sisalduse (kontsentratsioon ja varu), erinevate mullaliikide ja maakasutuse viiside kaupa erinevates muldkatte kihtides (huumuskate, alusmuld). Olulisteks näitajateks on ka C:N suhe ja muldkatte alla jääva kihi N-seisund. Kahjuks on Eestis vähesel määral uuritud  $N_{\text{uld}}$  akumulatsiooni ja aastakäivet

erinevate maakasutuste korral. Hoopiski vähe on andmeid alusmulla ja mulla lähtekivimi N-seisundi kohta. Küll aga on antud töö autorid eelnevalt põhjalikult käsitlenud samade Eesti põllu- ja rohumaa muldade  $C_{org}$  akumulatsiooni ja aastakäivet. Lähtudes sellest on need autorite varasemad uurimused  $C_{org}$  suhtes (5 artiklit, mida töös ei viidata) võetud aluseks ka käesolevale N-seisundi uurimisele, mille eesmärkideks on:

- (1) esitada andmeid Eesti valdavate põllu- ja rohumaa mullaliikide  $N_{üld}$  kontsentratsiooni ( $g N_{üld} kg^{-1}$ ) ja varude ( $Mg N_{üld} ha^{-1}$ ) kohta muldkatte erinevates kihtides;
- (2) uurida  $N_{üld}$  sisalduse vastastikust seost mulla  $C_{org}$  sisaldusega determinatsiooni-kordaja ( $R^2$ ) ja C:N suhete kaudu;
- (3) esitada domineerivate põllumajanduslikult kasutatavate mineraalmullaliikide ja turvasmullaerimite üldistatud N-seisundi andmed normaalsete mineraal- ja turvasmuldade kompleksmaatriksil, näitamaks N-seisundi muutusi seoses muldkatte omaduste muutustega.

## Materjal ja meetodika

Mulla N-seisund peegeldab mulla lämmastiku majandamist ehk  $N_{üld}$  voogu läbi muldkatte (tulek-ladustumine-väljumine). Mitmel erineval viisil mulda sattunud N allutatakse siin erinevatele vastastikustele protsessidele mullaelustiku ning gaasiliste, vedelate ja tahkete osistega, millest olulisemad on biokeemilised protsessid – nitrifikatsioon, ammonifikatsioon ja denitrifikatsioon. Nende protsesside käigus võib N muunduda eri vormideks, lukustuda mulla stabiilse huumuse koosseisu või siis väljuda mullast mineraliseerumise käigus. Kuigi N-seisundi näitajaid on hulgaliselt, piirdatakse antud töös vaid  $N_{üld}$  kontsentratsiooni ja varude ehk pindtiheduse näitajatega, kusjuures täiendavaks näitajaks on võetud C:N suhe.

Muldade N-seisundi näitajad antakse muldkatte ja selle koosseisus olevate huumuskatte ja alusmulla kohta. Muldkatte tüsedus sõltub mulla veerežiimist, karbonaatsusest ja lõimisest ulatudes kahkjates (LP) muldades kuni 100–110 cm, kuid alaliselt liigniiskete gleimuldade tüsedus on enamasti piirides 40–65 cm. Turvasmuldade muldkatte tüseduseks on antud töös võetud 50 cm, millest 30 cm on huumus- või turvaskate ja 20 cm alusmuld. Mineraalmuldade huumuskate koosneb seega A, AT või T horisontidest ning nende alusmuld, kas B horisondist või E-B horisontide kompleksist (Astover jt., 2013).

Sageli on mulla erinevaid seisundeid käsitlevates töödes välja toodud näitajad mitte mullaliigi profiili põhisel, vaid hoopiski teatud kindla tüsedusega mullakihtide kohta. Taoliste töödega võrdlemise huvides esitatakse antud töös N-seisund ka 1 m mullakihi kohta, mis sisaldab peale muldkatte veel ka teatud osa muldkatte koosseisu mittek kuuluvast lähtekivimist (C horisont ja/või 1/2BC või Cg ja CG horisondid). Lähtekivimis (või substraadis) olev N ei võta osa aktiivsest N-ringest ning seda tuleks võtta kui maetut varu. Kvalitatiivsest küljest saab muldade huumuskatte N-seisundit iseloomustada Eesti jaoks välja töötatud huumuskattetüüpide klassifikatsiooni abil (Kõlli, 2018).

**Metodoloogilised printsiibid, laboratoorsed analüüsid ja andmete kalkuleerimine**

Muldade N-seisundi analüüsil võeti aluseks muldkeskne (pedocentric) printsiip, kusjuures lähtuti mullaliikide või -erimite tasemelt.  $N_{\text{üld}}$  sisaldus määrati Kjeldahli meetodil,  $C_{\text{org}}$  Tjurin järgi, mullapeenese lõimis Kachinsky järgi ning muldade koresisaldus - osaliselt välitöödel ning osaliselt laboratoorselt (Vorobjova, 1998; Astover jt., 2013).  $N_{\text{üld}}$  ja  $C_{\text{org}}$  varud ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) kalkuleeriti nende mullapeenese (osakesed  $\phi < 1 \text{ mm}$ ) oleva sisalduse ( $\text{g kg}^{-1}$ ) ja peenese lasuvustiheduse järgi, kusjuures võeti arvesse (varust lahutati) mulla korese sisaldus. Esialgselt mulla geneetiliste horisontide kaupa saadud tulemused viidi hiljem üle huumuskatte, alusmulla ja lähtekivimi kihtidele. Nimetatud kihtide näitajate alusel kalkuleeriti soovitud näitajad kogu muldkatte ja 1-m mullakihi kohta. Lähtekivimi kihi түsedus saadi muldkatte түseduse lahutamisel 100 cm-st. Statistilisel analüüsil kasutati STATISTICA ver. 13.4 paketti. Olulisuse nivooks võeti  $P < 0,05$ .

**Analüüsiga hõlmatud mullad ja kasutatud andmebaasid (AB)**

Antud töös käsitletakse normaalse arenguga ehk post-litogeensete mineraalmuldade N-seisundit mullaliigi ja turvasmuldade puhul mullaerimite tasemel. Normaalsed mullad ei ole mõjustatud nii mujalt kohale toodud alluviaalsete ja deluviaalsete setete akumulatsioonist, ega ka olulisest ärakandest (erosioonist) s.t. et nad on formeerunud normaalses mullatekketingimustes (Fridland, 1982). Normaalsed mullad moodustavad Eesti põllumajanduslikult kasutatava maa muldkattest 90,9%. Ülejäänud osal (9,1%) põllumajanduslikust maast levivad anormaalsed ehk sünlitogeensed mullad, milliste N-seisundit antud töös ei käsitleta.

Põhja-Eestis on põllumajandusmaade hulgas parimateks parasniiskete leostunud (Ko) ja leetjate (KI) ning kuivendatud gleistunud leostunud (Kog) ja leetjate (KIg) muldade ülekaaluga muldkatted. Lõuna-Eestis annavad tooni kahkjad ehk näivleetunud (LP) ja leetunud (Lk) mullad ning nende niisked analoogid (LPg, Lkg), mis on vajaduse korral enamasti kuivendatud ja lubjatud (Kokk, Rooma, 1978). Lisaks eeltoodud muldadele kaasnevad nendele piirkonniti suurema või vähema osatähtsusega kuivendatud glei- (G) ja madal soo-turvasmullad (M) (Maa-amet, 2012).

Põllumajandusmaa normaalsed mineraal- ja turvasmullad võtavad enda alla ca 1,167 miljonit ha ehk 27,5% kogu Eestimaa muldkattest (Maa-amet, 2018). Meie poolt tehtud kalkulatsioonidele toetudes domineerivad selle maa hulgas veeolude järgi parasniisked mullad (ca 43%), nendele järgnevad ajutiselt liigniisked mullad (ca 25%). Gleimuldade osatähtsus on ca 19%, kusjuures suurem osa nendest on kuivendatud. Domineeriv osa madal soo-turvas- (ca 9%) ja turvastunud muldadest (ca 4%) on kasutusel rohumaadena. Lõimise aspektist vaadates domineerivad põllumajanduslike maade hulgas liivsavimullad (ca 40%), millistele järgnevad savi-liiv- (28%), liiv- (17%) ja savimullad (ca 6%). Keskmisel ja hästilagunenud turbaga madal soo-turvasmuldasid on kokku 9%. Turbaste huumuskatete osatähtsuse (13%) arvutamisel võeti arvesse nii turvastunud kui turvasmullad.

Eesti normaalse arenguga põllumajandusmaa muldade N-seisundi iseloomustamiseks kasutati andmebaase (AB) HMS, Pedon ja EMA.

(1) AB HMS - Haritavate maade seire AB moodustati Eesti Põllumajandusprojekti poolt aastatel 1983–1987 (Lehtveer, Kokk, 1995). AB HMS hõlmab kokku 12

uurimisala (UA) 70 katselapiga, millel esines kokku 14 mullaliiki. Uurimisse võetud andmestik pärineb iga lapi kohta tehtud 2–4 vaatlusperioodist.

(2) AB Pedon – See mullahorisontide AB koostati meie poolt aastatel 1967–1985 ning teda täiendati aastatel 1986–95 ja 1999–2002). AB-is Pedon on 160 mullaprofiili haritavate (Pedon-HM) ja 90 rohumaa-muldade (Pedon-RM) kohta.

(3) AB EMA – AB Eesti mullastik arvudes on moodustatud suuremõõtkavalise mullastiku kaardistamise käigus (Kokk, Rooma, 1978, 1983; Maa-amet, 2012).

Vaid mullaliigi esmakordsel mainimisel kasutatakse töös nende täisnimetusi, hiljem ja joonistel vaid koode. Seega oleks hea omada käepärast nende vastete nimekiri (Astover jt., 2013). Muldade pedo-ökoloogilise tausta selgitamiseks kasutatakse normaalselt arenenud mineral- ja turvasmuldade kompleks-maatriksit, millel uuritud mullaliigid on positsioneeritud kahe skalaari (1) mulla veerežiimi ja (2) litoloogilis-geneetilise skalaaride suhtes. Kompleks-maatriksit kasutatakse töös ka üldistatud N-seisundi andmete esitamisel mullaliikide või nende gruppide kaupa.

## Mulla erinevate kihtide N-seisund mullarühmade ja maakasutuse kaupa

### Haritavate maade huumuskatte N-seisund

Olgugi, et  $N_{\text{üld}}$  kontsentratsioon huumuskattes varieerub suhteliselt tugevasti, selgub ikkagi, et nende keskmised näitajad muutuvad reeglipäraselt seoses pedo-ökoloogiliste tingimuste muutumisega (joonis 1). Sarnaselt automorfsete muldadega, kus  $N_{\text{üld}}$  sisaldused vähenevad tugevasti karbonaatsetelt muldadelt (Kr) mittekarbonaatsete (Lk) suunas, vähenevad huumuskatte  $N_{\text{üld}}$  sisaldused ka gleistunud muldades (alates Kg-st kuni LPg) ja gleimuldades (alates Gk kuni LkG). Vähem selgemalt on nimetatud seaduspärasusi näha, kui võrdleme muldasid huumuskatte N varude alusel. Siinkohal tuleb arvestada seda, et suurema osa gleistunud ja peaaegu kõikide gleimuldade põllumajanduslikku kasutuse võtmisele on eelnenud nende kuivendamine. Kuigi üldreeglina väheneb kõigis muldades  $N_{\text{üld}}$  sisaldus (kontsentratsioon ja varu), säilivad enamuses jälgitaval määral siiski ka kuivendus-eelsed vahekorrad erinevate mullaliikide vahel. Huumuskatte C:N suureneb valdavalt automorfsetelt muldadelt märgade gleimuldade suunas, kui ka minnes karbonaatsetelt muldadelt mitte-karbonaatsetele.

### Haritavate maade muldkatte N-seisund

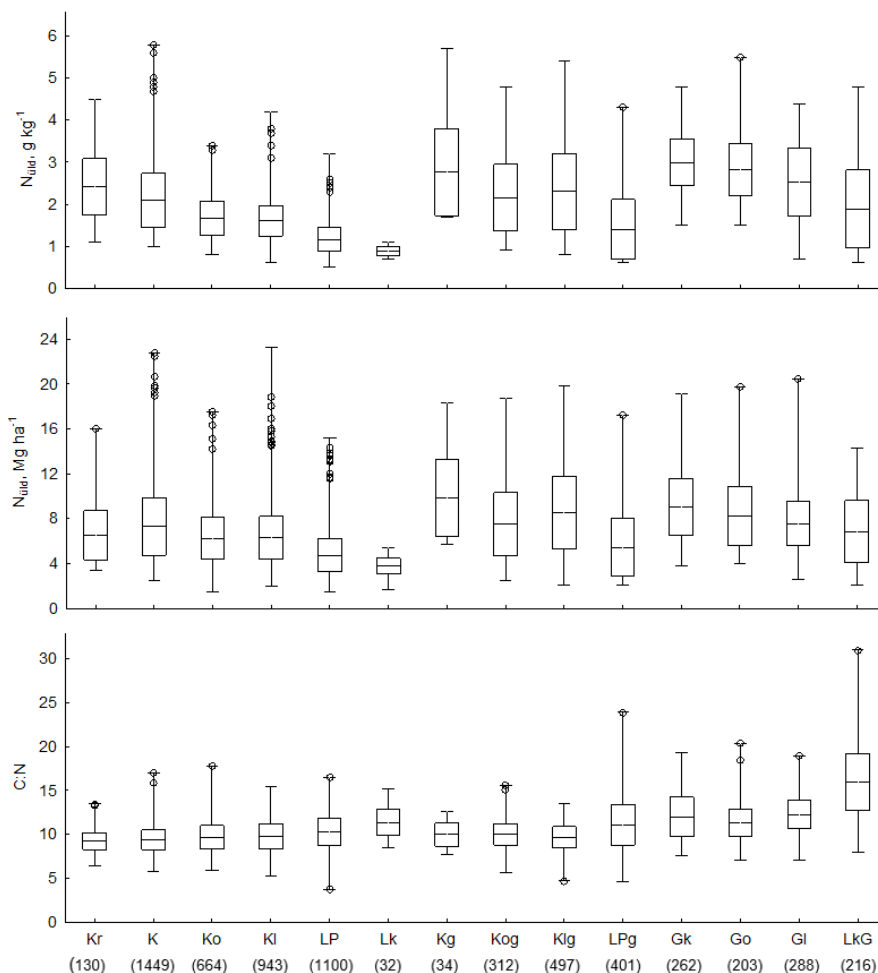
Muldkatte N-seisundi iseloomustamisel võeti arvesse ka alusmulla ja lähtematerjali N-seisundid, kusjuures kasutati AB-se Pedon-HM ja Pedon-RM. Summeeritud  $N_{\text{üld}}$  varud erinevate mullakihtide kaupa (huumuskate, alusmuld, substraat) ja nende järgi kalkuleeritud muldkatte ja 1-m mullakihi  $N_{\text{üld}}$  varud on oma olemuselt integreeritud andmed.

Nagu nähtub jooniselt 2 on AB Pedon-HM haritavate muldade huumuskatte  $N_{\text{üld}}$  varud hästi kokkulangevad AB HMS varudega (joonis 1). Samal ajal on rohumaa-muldade huumuskatte  $N_{\text{üld}}$  varud enamuses suuremad haritavate muldade huumuskatte varudest. Alusmulla  $N_{\text{üld}}$  varud sõltuvad ennekõike mullaprofiili ülesehitusest. Need varud on väga tagasihoidlikud karbonaatsetes ja sügavalt karbonaat-

setes gleimuldades. Samas ulatuvad hästiarenenud sisseuhte (B) horisondiga ja/või väljauhte-sisseuhte horisontide kompleksiga (E-B) muldades  $N_{\text{üld}}$  varud nelja ja rohkema tonnini hektari kohta. Substraadi või lähtekivimi  $N_{\text{üld}}$  varud on kalkuleeritud vaid 1-m mullakihi kohta. Selles olev  $N_{\text{üld}}$  varu sõltub muldkatte tüsedusest olles negatiivses korrelatsioonis selle tüsedusega.

### Rohumaade turvastunud ja turvasmuldade N-seisund

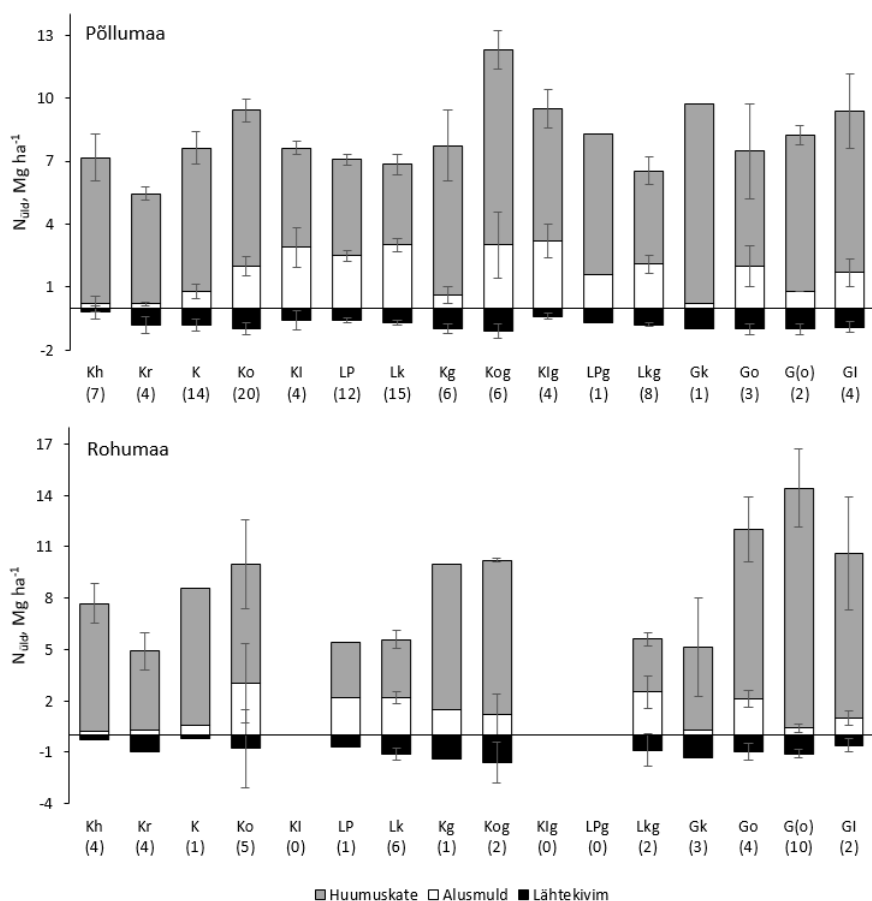
Erinevalt teistest normaalse arenguga mullaliikidest on Eesti turvastunud (Go1, GI1) ja turvasmuldade (M3, M2) N-seisundeid väga tagasihoidlikult uuritud. Ka selles töös esitatakse suhteliselt vähestelt rohumaa-muldadele rajatud UA-lt pärinevaid AB Pedon-RM mullaprofilide andmeid. Analüüsitud profiilide arvuks oli: Go1 – 3, GI1 – 3, M3 – 9 ja M2 – 4.



**Joonis 1.** Haritava maa domineerivate mullaliikide huumuskatte üldlämmastiku ( $N_{\text{üld}}$ ) sisaldused ( $\text{g kg}^{-1}$ ) ja varud ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) ning C:N suhted

Joonis on koostatud AB HMS alusel, kus — on keskmine, □ - keskmine  $\pm$  standardhälve, I min-max ja o – erandid; mullakoodi all sulgudes on valimi suurus (n).

Turvastunud muldade huumuskatted ja sügavad turvasmullad kogu profiili ulatuses on põllumajandusmaastikes kõige rikkamad  $N_{\text{üld}}$  ja  $C_{\text{org}}$  poolest võrreldes mistahes teiste mullaliikidega. Turvastunud muldade seas on omakorda rikkamad küllastatud ja karbonaatsed mullad võrreldes küllastumata turvastunud (GI1) gleimuldadega. Võrdluseks toodud väikesemahulise profiilide hulga (kummalgi mullal  $n=3$ ) alusel on  $N_{\text{üld}}$  kontsentratsioonid vastavalt 18,0 ja 11,9 g kg<sup>-1</sup>, varud – 16,2 ja 9,5 Mg ha<sup>-1</sup> ning C:N – 17,9 ja 27,4. Loomulikult sõltub nende muldade huumuskatte  $N_{\text{üld}}$  varu huumuskatte tusedusest, mis võib varieeruda piirides 10–30 cm. Samas on huumuskatte nii  $N_{\text{üld}}$  kontsentratsioon kui C:N hästi kokkulangev meie poolt varem tehtud uurimustega, kusjuures küllastunud muldadelt küllastumata ehk happelistele muldadele minnes väheneb  $N_{\text{üld}}$  kontsentratsioon, kuid laieneb C:N suhe.



**Joonis 2.** Põllu- ja rohumaa domineerivate mullaliikide üldlämmastiku ( $N_{\text{üld}}$ ) varud erinevates muldkatte kihtides

Joonis on koostatud AB-de Pedon-HM ja Pedon-RM alusel, kus  $\pm$  on keskmise  $\pm$  standardviga; mulla koodi all sulgudes on valimi suurus (n); joonealused miinusmärgiga N-varud ei osale ainerings ehk nad on maetud varud.

Mis puutub alusmulla ja substraadi  $N_{\text{üld}}$  sisaldusse, siis mõlema turvastunud mullaliigi puhul vähenevad drastiliselt nii kontsentratsioon ( $\text{g kg}^{-1}$ , vastavalt  $40 \cdot 10^{-3}$ – $59 \cdot 10^{-3}$  alusmullas ja  $3,6 \cdot 10^{-3}$ – $4,5 \cdot 10^{-3}$  substraadis), kui ka varu ( $\text{Mg ha}^{-1}$ , vastavalt 0,9–1,5 alusmullas ja ca 0,4 substraadis). Seaduspäraselt väheneb C:N suhe mineraalises kihis võrreldes turbaga. Samas on sügavate turvasmuldade alusmuld (sügavusel 30–50 cm) ja substraat (sügavusel 50–100 cm) ligikaudu sarnased huumuskatte N-seisundi näitajatele. Substraadi kihti, mis asub sügavamal kui 0,5 m, peaks käsitlema kui kaasajal taimkattele kättesaamatut varu, mis võib aga edaspidi jõuda muldkattes ülemiste kihtide mineraliseerumise või tihenemise tagajärjel. Samas suhe C:N suureneb vähem happelistelt hästilagunenud turvastelt suurema happesusega vähelagunenud turvaste suunas.

### Seos mulla üldläämmastiku ( $N_{\text{üld}}$ ) ja orgaanilise süsiniku ( $C_{\text{org}}$ ) sisalduste vahel

Tänu tugevale seosele  $N_{\text{üld}}$  ja  $C_{\text{org}}$  vahel põllumuldade huumuskattes on võimalik kalkuleerida  $N_{\text{üld}}$  sisaldus (kontsentratsioon, varu)  $C_{\text{org}}$  sisalduse järgi (tabel 1), kuna paljudel juhtudel on rohkem andmeid  $C_{\text{org}}$  sisalduse kohta võrreldes  $N_{\text{üld}}$  sisaldusega. Üldiselt on levinud seisukoht, et mulla huumusseisund määrab paljuski ära mulla N-seisundi ehk N-majandamine on tihedalt seotud selle  $C_{\text{org}}$  majandamisega. Analoomiliselt mulla  $C_{\text{org}}$  sisaldusega sõltub ka tema  $N_{\text{üld}}$  sisaldus mulla veerežiimist, millest lähtuvalt ongi mulla  $N_{\text{üld}}$  sisaldused kalkuleeritud mullagruppide (automorfised, niisked, glei- ja turvastunud mullad) kaupa (tabel 1). Nõrgem korrelatsioon gleimuldade puhul viitab ennekõike laiale karbonaatsuse spektrile ja ka suuremale muldade huumusesisalduse varieerumisele nendes muldades.

**Tabel 1.** Huumuskatte  $N_{\text{üld}}$  (y) ja  $C_{\text{org}}$  (x) sisalduse seosed erinevate mullagruppide kaupa

Mullagrupp	Regressioonivõrrand	$R^2$	n	Andmebaas
Parasniisked mullad	$y = 0,10x + 0,028$	0,82	4219	HMS&Peldon-HM
Gleistunud mullad	$y = 0,10x + 0,025$	0,91	1242	HMS&Peldon-HM
Gleimullad	$y = 0,06x + 0,52$	0,67	969	HMS
Turvas- ja turvastunud mullad	$y = 0,05x + 1,99$	0,75	23	Peldon-RM

### Muldade N-seisundi iseloomustus mineraal- ja turvasmuldade liitmaatriksil

Mistahes põllumajanduslikult kasutatava mulla tähtsaimaks kihiks on huumuskate. Sellest lähtuvalt on N-seisundi näitajad antud kõigepealt just huumuskatte kohta (joonis 3). Töös esitatud üldistatud andmeid Eesti põllumajandusliku maa muldade kohta võib käsitleda kui reepertasemeid. Need keskmestatud andmed iseloomustavad muldade N-seisundit eelmise sajandi teise poolel s.t. ajal, mil moodustati vastavad AB-d.

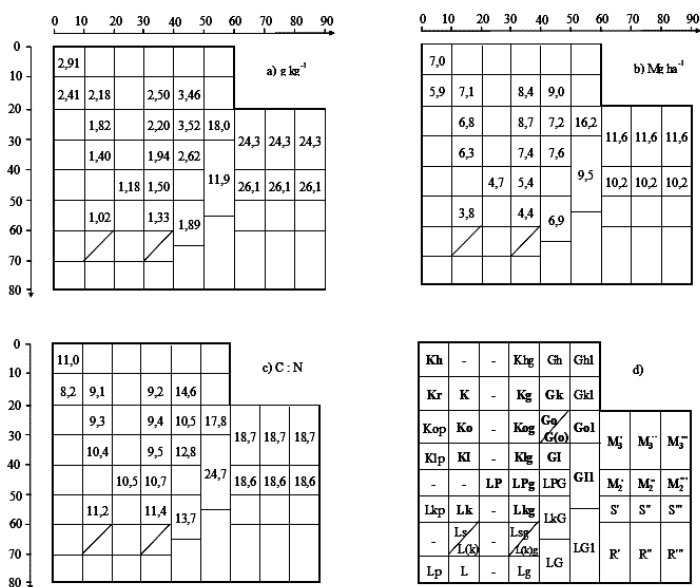
Üldistatud N-seisundi andmestik koosneb sisuliselt mullamassi põhjal kaalutud keskmistest, mille iga mullaliigi algandmed pärinevad erinevatest Eestimaa paikadest, moodustades kokku ca 91% põllumajanduslikult kasutatavatest normaalsetest muldadest. Nagu selgus joonistelt 1 ja 2 on erinevatest kohtadest võetud muldade individuaalne N-seisund alati suuremal või vähemal määral üksteisest erinevad. Vaatamata erinevustele selgusid siiski mullaliikide või gruppide N-seisundi näitajate domineerivad alumised ja ülemised piirid ning neid sai statistiliselt usutavalt



järjestada. Kalkuleeritud aritmeetilisi keskmisi käsitleme siinjuures kui vastava AB etalon või reeper taset, mida kasutatakse hinnangu andmisel erinevatele N-seisundi määrangutele (kokkulangevus, erinevuse määr jms). Seega on reepertaseme näitajad head pidepunktid domineerivast seisundist erinevust selgitamisel, loomuliku arengu jälgimisel ja kasutatavate tehnoloogiate mõju uurimisel.

Analüüsides huumuskatte N-seisundi näitajaid joonisel 3 on vaja arvestada, et uurimuste mahukusest lähtuvalt eristub siin kaks muldade gruppi. Nendest I grupi muldade, mis positsioneeruvad hüdrokalaaril piirides 0–50, N-seisundi näitajad põhinevad mahukal uurimisel. N-seisundi andmed on siin kahe AB (HMS ja Pedon-HM) keskmised, mis on võetud võrdväärteteks (pariteetseteks). Seoses uurimuse mahukusega võib selles grupis käsitletud 16 haritava mulla huumuskatte N-seisundi näitajaid pidada Eesti normaalsete haritavate muldade huumuskatte usaldusväärteteks reepertasemeiks.

II grupi moodustavad suhteliselt väikese profiilide arvu alusel rohumaadel tehtud turvastunud (Go1, GI1) ja turvasmuldade (M2, M3) huumus-(turvas-)katte N-seisundi uurimised. Neid näitajaid tuleks võtta kui esialgseid tasemeid, mis ei peegelda kuigi usaldusväärselt kogu Eesti taolisi muldasid. Teatavasti on turvastunud mullad, mis asuvad mineraal- ja turvasmuldade piirimail väga tundlikud põllumajandusliku kasutuse suhtes. Ülesharimisel tekivad nende asemele hoopiski toorhuumusliku horisondiga gleimullad. Need mullad säilivad üksnes rohumaade all.

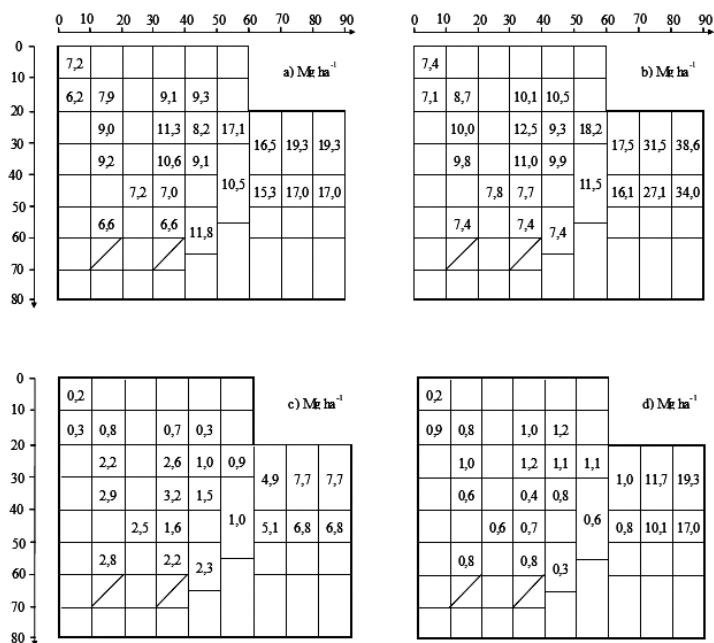


**Joonis 3.** Haritavate muldade huumuskatete üldistatud N-seisundi näitajad mullaliikide või nende gruppide kaupa

Maatriksite teave: a)  $N_{\text{üld}}$  sisaldus ( $\text{g kg}^{-1}$ ), b)  $N_{\text{üld}}$  varu ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), c) C:N suhe, ja d) mulla koodid, kus tumedamate koodiga muldade kohta on N-seisundi andmed olemas; lahtrite keskmised, mis asuvad hüdrokalaari tulpades 0–50 on kalkuleeritud AB-de HMS ja Pedon-HM alusel, tulpades 50–90 asuvad AB Pedon-RM alusel; näitajatega lahtri mullakoodi vaata jooniselt 3d.

Üldistatud N-seisundi näitajate muundumise suunad on tihedais seostes liitmaatriksi pedo-ökoloogilise tagapõhja, ennekõike niiskustingimuste ja litoloogilis-geneetilise skalaaride suhtes. Rusikareegli järgi suureneb  $N_{\text{üld}}$  kontsentratsioon parasniisketelt automorfsetelt muldadelt alaliselt liigniisketele gleimuldadele (alates 1,0 kuni 3,5 g kg<sup>-1</sup>). Võrreldamatult kõrged on  $N_{\text{üld}}$  kontsentratsioonid turvastunud ja turvasmuldades huumus-(turvas-)katetes, mis paiknevad hüdrokskalaari positsioonil 50 kuni 60 (joonis 3a). Kinnitust leiab see, et  $N_{\text{üld}}$  kontsentratsioonid vähenevad tulles tugevasti karbonaatsetelt muldadele happeliste muldade suunas.  $N_{\text{üld}}$  varud huumuskattes muutuvad analoogselt  $N_{\text{üld}}$  kontsentratsiooniga, olles mineraalsetes muldade huumuskattes piirides 3,8–9,0 Mg ha<sup>-1</sup>, kuid kõrgeimad turvasmuldades (joonis 3b). Muidugi on C:N suhe laiem turvasmuldades vähenedes samm-sammult suunal glei-, gleistunud ja automorfed karbonaatsed mullad (joonis 3c).

Normaalselt arenenud muldade  $N_{\text{üld}}$  varud alusmullas ja lähtekivimis on üldistatud joonisel 4.  $N_{\text{üld}}$  varu mineraalsetes muldades on piirides 0,2–3,2 Mg ha<sup>-1</sup> (joonis 4c). Suurimad  $N_{\text{üld}}$  varud on akumuliseerunud nendesse eluviaalsete ja leetunud muldade alusmuldadesse, kus on formeerunud hästiarenenud B horisont või E-B horisontide kompleks. Enamikul juhtudel ületavad alusmulla  $N_{\text{üld}}$  varud substraadi



**Joonis 4.**  $N_{\text{üld}}$  varud põllumajanduslikult kasutatavate maade domineerivate mulla-liikide muldkattes tervikuna ja nende erinevates kihtides

Maatriksite andmestik: a) muldkate (huumuskate+alusmuld), b) 1-m mullakiht (muldkate+lähtekivim), c) alusmuld ja d) lähtekivim; liitmaatriksi lahtrite mullakoode vaata jooniselt 3d; jooniset 4a ja 4b summaarsete varude kalkuleerimiseks vajalikud huumuskatte varud pärinevad AB-dest HMS ja Pedon, kuid huumuskatte aluste kihtide varude andmed AB-st Pedon.

varu. 1-m mullakihi  $N_{\text{uld}}$  varu teadmine on vajalik võrdleval analüüsil nende piirkondadega, kus  $N_{\text{uld}}$  varud on antud kindla tusedusega mullakihtide (50, 100 cm) kohta. Joonisel 4b antud varud langevad hästi kokku Batjes (2002) poolt esitatud muldade (*Cambisols*, *Luvisols*, *Podzoluvisols* ja *Gleysols*) andmetega.

### Kokkuvõte põllumajandusmaade N-seisundi arutelu kohta

Analüüsides muldade N-seisundit ja selle muutuste suundi muldade kompleksmaatriksi taustal nähtub, et selle  $N_{\text{uld}}$  sisaldus ja C:N suhe sõltuvad mulla omadustest. Seega mulla N-seisund on mullaliigi-põhine nähtus. Omades N-seisundit kajastavaid näitajaid kõigi domineerivate mullaliikide huumuskatte, alusmulla ja substraadi kohta on võimalik kalkuleerida  $N_{\text{uld}}$  varusid nii erinevate mullagruppide, kui ka kogu Eesti kohta.

Muldkatte N-seisundi mitmekesisus on tingitud mulla lõimise, mineraalse ja keemilise koostise ning karbonaatsuse mitmekesisusest. Mullaliikide N-seisundi kujunemise regionaalseid erinevusi on hästi esile toodud kahkjate muldade ja mõningate gleimuldade suhtes (Rooma, 1987). Kahkjate muldade puhul, on N-seisundi regionaalsed erinevused põhjustatud lähtematerjali karbonaatsusest ja pealismulla lõimisest, kuid gleimuldade puhul mullavete toitelisusest.

$N_{\text{uld}}$  kättesaadavus mullas mõjutab oluliselt humifikatsiooniprotsessi ja seega ka  $C_{\text{org}}$  akumulereerumist mulda (Christopher, Lal, 2007; Poeplau et al., 2018). Eesti automorfsetes karbonaatsetes haritavates muldades, milliste  $N_{\text{uld}}$  kontsentratsioon on palju kõrgem kui happelistes mitte-karbonaatsete muldades, on ka tunduvalt kitsam C:N suhe, olles vastavalt 8,2–9,4 ja 10,5–11,4 (joonis 3).

Koos maakasutuse muutustega (looduslikust olekust kultuuristatuks ja vastupidi) muutub drastiliselt vaid huumuskate (Baddeley et al., 2017), kuid alusmulla muutused on seejuures väheolulised. Muldkatte lämmastik ja huumusseisundi ökoloogiliselt õige seostamine maakasutusega on heaks eelduseks agroökosüsteemide kestliku talitlemise ja ümbritseva keskkonna head seisundi saavutamisel.

### Kasutatud kirjandus

- Astover, A, Reintam, E., Leedu, E., Kõlli, R. 2013. *Muldade väliuurimine*. Eesti Loodusfoto, Tartu, 70 lk.
- Baddeley, J.A., Edwards, A.C., Watson, C.A. 2017. Changes in soil C and N stocks and C:N stoichiometry 21 years after land use change on an arable mineral topsoil. – *Geoderma* 303, 19–26.
- Batjes, N.H. 2002. Carbon and nitrogen stocks in the soils of Central and Eastern Europe. – *Soil Use Manage.* 18, 324–329.
- Chapman, L.Y., McNulty, S.G., Sun, G., Zhang, Y. 2013. Net nitrogen mineralization in natural ecosystems across the conterminous US. – *Internat. J. Geosci.* 4, 1300–1312.
- Christopher, S.F., Lal, R. 2007. Nitrogen management affects carbon sequestration in North American cropland soils. – *Crit. Rev. Plant Sci.* 26, 45–64.
- DeBusk, W.F., White, J.R., Reddy, K.R. 2001. Carbon and nitrogen dynamics in wetland soils. pp. 27–53. In: M.J. Shaffer, L. Ma and S. Hansen (eds.). *Modelling carbon and nitrogen dynamics for soil management*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

- Fridland, V.M. 1982. Main principles and elements of soil classification bases and work programme for their creation. Dokuchaeva Soil Science Institute, Moscow, 149 p.
- Kokk, R., Rooma, I. 1978. Eesti NSV haritavate maade muldade mõningate keemiliste, füüsikalise-keemiliste ka füüsikaliste omaduste iseloomustus. – *ENSV mullastik arvudes II*, 3–66.
- Kõlli, R. 2018. Influence of land use change on fabric of humus cover. – *Appl. Soil Ecol.* **123**, 737–739.
- Lehtveer, R., Kokk, R. 1995. *Põllumuldade seire*. Eesti Maaüuringud, Tallinn.
- Maa-amet. 2012. Vabariigi digitaalse suuremõõtkavalise mullastiku kaardi seletuskiri [http://geoportaal.maaamet.ee/docs/muld/mullakaardi\\_seletuskiri.pdf](http://geoportaal.maaamet.ee/docs/muld/mullakaardi_seletuskiri.pdf), 15.11.2019.
- Maa-amet. 2018. Haritava maa 2018. aasta turuülevaade <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Maakatastri-andmed/Maakatastri-statistika-p506.html>
- Poeplau, C., Zopf, D., Greiner, B., Geerts, R., Korvaar, H., Thumm, U. et al. 2018. Why does mineral fertilization increase soil carbon stocks in temperate grasslands? – *Agr. Ecosyst. Environ.* **265**, 144–155.
- Rooma, I. 1987. Kahkjate muldade levik ja omadused Eesti NSV-s. – *ENSV mullastik arvudes VI*, 35–44.
- Vorobyova, L.A. 1998. *Chemical Analysis of Soils*. Moscow State University Press, Moscow, 297 p.

# Vedelsõnniku laotamise aja mõju sügisel N, P ja K leostumisele

Henn Raave

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

**Abstract.** Raave, H. 2020. Slurry application time effect in the autumn on N, P and leaching. – Agronomy – 2020

In order to reduce nutrient leaching the slurry application is allowed until the 1<sup>st</sup> of November in Estonia. It is not clear how much nutrient leaching is impacted by slurry application time in the autumn as this topic hasn't been thoroughly studied in the Baltic region before. To answer this question a mini-lysimeter experiment was established in May 2017 with an aim to investigate  $N_{\text{tot}}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $P_{\text{tot}}$  and  $K_{\text{tot}}$  leaching depending on slurry application time (August, September, October and November). The slurry was applied on the bare soil and was mixed directly after that with the soil at a depth of 10 cm. Water samples were collected once a month as an average. From May until the middle of August the spring barley was grown on lysimeters.

We found that slurry application time in the autumn doesn't have great effect on the amount of leached nutrients. It depended on the weather conditions which form of N leached the most. The autumn of the first year was very wet and then the N leached mainly in organic form. The second year was drier and then  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{NH}_4\text{-N}$  dominated in leachate.

**Keywords:** slurry, slurry application timing, leaching

## Sissejuhatus

Toitainete leostumise vähendamiseks, on Eestis 2019. aastast lubatud sügisel vedelsõnnikut põllule laotada kuni 1. novembrini (Veeseadus (RT I, 22.02.2019, 1). Veel aasta varem oli laotusperiood 15 päeva võrra pikem. Ei ole selge, kas laotamise lõpuaja toomine varasemaks oma eesmärgi täidab ja kui palju üldse mõjutab vedelsõnniku andmise aeg sügisel toitainete leostumist, sest teaduslikke uuringuid on selle kohta vähe. Rohkem on uuritud toitainete ärakannet mullapinnalt. Need on näidanud, et ärakantav toitainete kogus sõltub perioodi pikkusest, mis jääb vedelsõnniku laotamise ja esimese vihma vahele. Kriitilised on eriti kaks esimest päeva, mil toitainete ärakanne võib olla saju korral väga suur (Laurenson, Houlbrooke, 2013). Kui laotamise ja vihma vahele jääb rohkem kui 14 päeva, siis on ärakanne juba väike (Edwards, Daniel, 1993).

Toitainete leostumist mõjutab oluliselt läbi mullakihi nõrguva vee kogus ja liikuvate toiteelementide kontsentratsioon mullas. Leostumine lõpeb sügisel, kui maapind külmub ja algab uuesti pärast maa sulamist (Raave, 2015; Tampere, 2017). Selle põhjal võib arvata, et mida lühem on periood vedelsõnniku laotamise ja maa külmutamise vahel, seda vähem jõuab vett pärast sõnniku laotamist läbi mulla nõrguda ja seda väiksem on toitainete leostumine. Hilissügisel on ka mullatemperatuur madal, mistõttu toimuvad mikrobioloogilised protsessid siis aeglaselt. Vedelsõnnikus on ca 50% kogu N-st orgaanilises vormis ja teise poole moodustab  $\text{NH}_4\text{-N}$  (Pitk et al., 2015). Kõige leostuvama N vormi,  $\text{NO}_3\text{-N}$ -i sisaldus, on vedelsõnnikus väga väike

ja see ühend tekib mikroorganismide elutegevuse tulemusena alles mullas. Orgaanilist ainet lagundavate ja nitrifitseerivate bakterite arvukust ja aktiivsust mõjutab mullatemperatuur (Clark et al., 2009). H. Sakai (1959) uuring näitas, et +5 °C juures mikroorganismide poolt toodetud NO<sub>3</sub>-N kogus, sõltuvalt mulla omadustest, on 11,2 – 42,3% sellest, mis seda tekib 25 °C temperatuuri juures. See lubab arvata, et varasügisega võrreldes tekib hilissügisel antud vedelsõnniku korral nitraate mullas vähem. Seda on juba ka näidanud Williams et al. (2012) uuring, millest selgus, et sõnniku mõju lüsimetriree NO<sub>3</sub>-N sisaldusele avaldub umbes 1 kuu möödudes pärast laotamist ning seda leostub vähem kui vedelsõnnik viia mulda hilissügisel. Kaudselt toetavad seda ka Eesti Maaülikoolis tehtud uuringute tulemused, mis on näidanud, et vahetult pärast mulla sulamist, kui temperatuur on alla 5 °C, on lüsimetrist võetud veeproovides valdavalt NH<sub>4</sub>-N, samas kui vegetatsiooniperioodil domineerib seal NO<sub>3</sub>-N (Raave, 2015).

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli võrrelda N<sub>üld</sub>, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, N<sub>org</sub> ning K<sub>üld</sub> ja P<sub>üld</sub> leostumist sõltuvalt vedelsõnniku laotamise ajast sügisel. Uurimistöö hüpoteesiks oli, et toitaineid leostub seda vähem, mida hiljem sügisel vedelsõnnikut põllule laotada.

## Katse metoodika

Katse rajati 2017. aasta maikuus EMÜ, Rõhu katsejaama, Eerikale, minilüsimetritesse, mille pindala oli 0,0706 m<sup>2</sup> ja sügavus 0,27 m. Lüsimetrid täideti kahkja mulla huumushorisondist välja kaevatud mullaga, millest olid eelnevalt sõelumise teel läbi 10 mm avaga sõela eemaldatud juured ja kivid. Mulla lõimise oli keskmine liivsavi, eripind 9,16 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> ja pH<sub>KCl</sub> 7,24. Mulla üldsüsiniku (C<sub>üld</sub>) ja üldlämmastiku (N<sub>üld</sub>) ning P<sub>AL</sub> (indeks AL näitab, et elemendi sisaldus on määratud ammooniumlaktaatmeetodil) K<sub>AL</sub>, Ca<sub>AL</sub> ja Mg<sub>AL</sub> sisaldused vastavalt 1,12 ja 0,06% ning 7,83, 13,7, 278,7 ja 38,3 mg 100 g<sup>-1</sup>. Igasse lüsimetrisse pandi 21 kg õhukuiva mulda. Täitmise järel mulda kasteti kraaniveega kuni väliveemahutavuseni. Seejärel külvati igale lüsimetrile 40 varajase odra 'Elmeri' eelidandatud seemet. Juunikuus väetati otra 1,64 g ammooniumnitraadi, 2,16 g superfosfaadi ja 2,16 g kaaliumkloriidiga, mis vastab hektarinormile 80 kg N-i, 25 kg P-d ja 100 kg K-d. Teravili koristati kasvunõudelt augustikuu keskel, 5 cm kõrguselt mulla pinnalt. Pärast seda kaevati muld kühlvliga 10 cm sügavuselt läbi, mille järel algas katsevariantide rajamine. Katse majandamine toimus kahel katseaastal sarnaselt.

Katses võrreldi nelja laotusaja (august, september, oktoober ja november) mõju toitainete leostumisele. Selleks laotati kõigi nimetatud kuude keskel, enamasti 15. kuupäeval, lüsimetritele 215 g vedelsõnnikut, mis vastab normile ca 30 t ha<sup>-1</sup>, ja segati seejärel kühlvliga umbes 10 cm sügavuselt mulda. Sõnnik toodi 2017. aastal Rannu suurfarmist ja 2018. aastal Märja katselaudast. Sõnnikute keemilised näitajad on esitatud tabelis 1. Katses oli ka kontrollvariant, mis vedelsõnnikut sügisel ei saanud, kuid mida muus osas majandati sarnaselt teiste variantidega.

**Tabel 1.** Katses kasutatud vedelsõnniku agrokeemilised näitajad

Katse- aasta	pH	KA	N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P <sup>1</sup>	K <sup>1</sup>	Mg <sup>1</sup>	Ca <sup>1</sup>	OA <sup>3</sup>
	%									
2017	7,52	10,7	x <sup>2</sup>	0,21	0	0,11	0,36	0,07	0,18	69,7
2018	6,88	9,54	0,4	0,13	0	0,09	0,29	0,06	0,16	66,6

<sup>1</sup>Sisaldus kuivaines (KA)<sup>2</sup>Ei määratud<sup>3</sup>Orgaaniline aine

Veeproove võeti lüsimeetritest aastaringselt alates 2017. aasta 15.augustist 1 – 2 korda kuus sõltuvalt sademete hulgast. Vesi imeti vaakumpumbaga lüsimeetrist välja, mõõdeti selle kogus ja võeti 2 x 20 ml proovi keemiliseks analüüsiks. Proove hoiti plastsüstaldes kuni analüüsimiseni sügavkülmikus -18°C juures.

Mulla pH määrati pH-meetriga KCl lahusest (SevenCompact, Metler Toledo, Mississauga, Canada) (mulla ja KCl vahekord 1:2.5). Taimele omastatav P<sub>AL</sub>, K<sub>AL</sub>, Ca<sub>AL</sub> ja Mg<sub>AL</sub> määrati ammooniumlaktaatmeetodil (Egner et al. 1960) mikroplasma aatomemissioon spektrometriga (MP-AES 4100, Agilent, Santa Clara, CA, USA). N<sub>üld</sub> ja C<sub>üld</sub> sisaldus määrati Dumas kuivpõletusmeetodil CNS elementanalüsaatoriga (Elementar, Germany).

Vedelsõnniku kuivainesisaldus määramiseks kuivatati sõnnikuproovi 2 tundi 135 °C temperatuuri juures (Official Methods of Analysis 1990). Sõnniku orgaanilise aine sisaldus määrati põletuskaotusmeetodil (Schulte, Hopkins 1996), P, Ca, NO<sub>3</sub>-N, K, Mg ja NH<sub>4</sub>-N sisaldused määrati vastavalt tinakoriidi, o-kresoltaleiini kompleksiooni, Kjeldahli, leekfotomeetrilisel, titaan-kollase ja läbivoolu meetodil (Ruzicka, Hansen, 1988).

Lüsimeetriveest määrati N<sub>üld</sub> kontsentratsioon CNS elementanalüsaatoriga (Elementar, Germany), NO<sub>3</sub>-N ja NH<sub>4</sub>-N ja P<sub>üld</sub> sisaldus FIAsstar 5000-ga (Foss Tecator AB, Hogan, Sweden) (Ruzicka, Hansen, 1988) ja K kontsentratsioon leekfotomeetrilisel meetodil (Standard., 1980).

Leostunud elementide koguste arvutamiseks kasutati järgmisi valemeid:

Leostunud elemendi kogus (g m<sup>-2</sup>) = veekogus (L) \* elemendi sisaldus nõrgvees (mg L<sup>-1</sup>) / 1000/0,0706 (lüsimeetri pindala).

Augustist kuni aprillini leostunud elemendi koguse (g m<sup>-2</sup>) leidmiseks liideti kokku üksikutel kuudel leostunud elemendi kogused.

Leostunud N<sub>org</sub> kogus leiti arvutuslikult. Selleks lahutati leostunud N<sub>üld</sub> kogusest leostunud NO<sub>3</sub>-N ja NH<sub>4</sub>-N kogus: N<sub>org</sub> (g m<sup>-2</sup>) = N<sub>üld</sub> (g m<sup>-2</sup>) – NO<sub>3</sub>-N (g m<sup>-2</sup>) – NH<sub>4</sub>-N (g m<sup>-2</sup>).

Katseandmete statistiline analüüs tehti programmiga STATISTICA ver. 13 (Dell Inc. 2015). Katsefaktorite mõju hindamiseks kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi. Tulemuste erinevuse usutavust hinnati Tukey testiga 95%-lise usutavusnivoo juures.



**Tabel 2.** Katseperioodisademetes hulk kuus (mm) ja kuu keskmine õhutemperatuur (°C)

Näitaja	Kuu								
	Aug	Sept	Okt	Nov	Dets	Jaan	Veeb	Märts	Apr
2017 – 2018									
Sademed <sup>1,2</sup>	51,6	106,5	78,2	26,4	45,4	16,6	2,4	9,6	30,4
Temperatuur <sup>1,2</sup>	15,5	12,1	5,1	2,5	0,2	-2,5	-5,8	-3,2	6,9
2018 – 2019									
Sademed	41,6	78,8	71,4	16,6	23,0	16,4	36,0	35,2	3,2
Temperatuur	17,0	13,8	6,9	2,5	-2,4	-5,9	-0,2	1,5	4,2

<sup>1</sup>Sademetes summa ja keskmine õhutemperatuur on arvutatud alates 15. augustist, mil rajati esimene katsevariant s.t. toimus sõnniku laotamine;

<sup>2</sup>Sademetes summa ja keskmine õhutemperatuur on arvutatud 2018. aastal kuni 26. aprillini ja 2019.a. kuni 16. aprillini, mis oli neil aastatel viimane lüsiimeetrite proovi võtmise päev enne teravilja külvi.

Kaks katseaastat erinesid oluliselt sademetes hulga poolest (tabel 2). Esimesel katseaastal (2017-2018. aasta) oli augustist kuni aprillini sademeteid kokku 367,1 mm. Teisel katseaastal oli samal perioodil sademeteid vähem (322,2 mm). Esimesel katseaastal esines sademeteid rohkem augustist detsembrini ja teisel jaanuarist kuni aprillini. Esimesel aastal oli augustist aprillini keskmine õhutemperatuur (3,41°C) madalam võrreldes teise aasta sama perioodiga (4,16 °C). 2017. aastal langes ööpäeva keskmine temperatuur püsivalt alla 0 kraadi 4. detsembril ja 2018. aastal 25. novembril.

## Tulemused

$N_{\text{üld}}$  leostus kahe katseaasta ja nelja vedelsõnniku andmisaja keskmisena augustist – aprillini  $1,82 \pm 0,05 \text{ g N m}^{-2}$  (keskmine  $\pm$  standardviga). Vedelsõnniku andmisaja mõju N leostumisele usutav ei olnud ( $p = 0,128$ ), kuid koguseliselt oli leostumine kõige väiksem, kui sõnnikut anti augustis ( $1,58 \pm 0,12 \text{ g N m}^{-2}$ ) ja suurem, kui laotamine toimus septembris ( $2,03 \pm 0,11 \text{ g N m}^{-2}$ ) ja oktoobris ( $1,93 \pm 0,18 \text{ g N m}^{-2}$ ). Novembris antud vedelsõnniku korral leostus  $1,84 \pm 0,06 \text{ g N m}^{-2}$  (joonis 1). Kontrollvariandis leostus augustist kuni aprillini  $1,64 \pm 0,07 \text{ g N m}^{-2}$ .  $N_{\text{üld}}$  leostumine ei olnud kontrollvariandis vedelsõnnikut saanud variantide keskmisega võrreldes kummalgi katseaastal usutavalt väiksem.

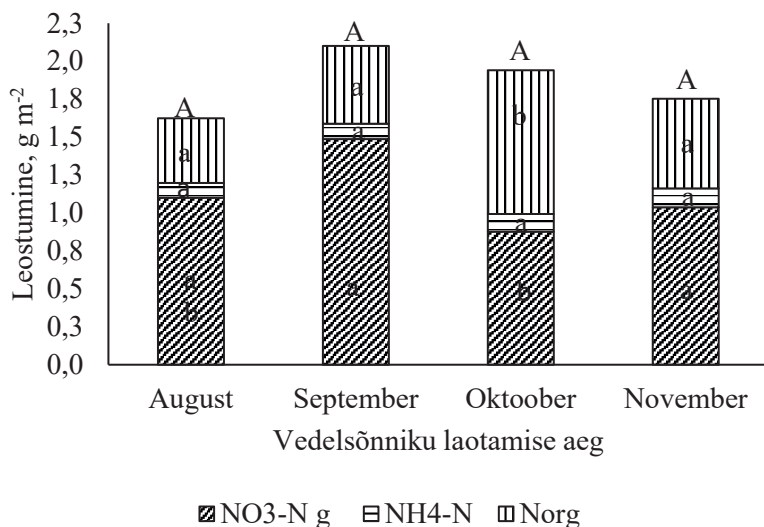
Vedelsõnniku andmisaja mõju oli katseaastatel erinev. 2017. aastal leostus N kõige rohkem siis, kui laotamine toimus oktoobris ja aasta hiljem, kui seda tehti septembris. Novembris mulda viidud vedelsõnniku korral leostus N-i esimesel aastal sarnaselt septembris ja teisel aastal oktoobris antud vedelsõnnikuga. Mõlemal katseaastal oli N leostumine kõige väiksem, kui vedelsõnnik anti augustis.

$\text{NO}_3\text{-N}$  leostumine oli kahe katseaasta kokkuvõttes kõige suurem ( $p < 0,05$ ), kui vedelsõnnikut anti septembris ( $1,49 \pm 0,05 \text{ g N m}^{-2}$ ), kuid kaks aastat olid selles osas väga erinevad. Esimesel aastal leostus  $\text{NO}_3\text{-N}$  kõigis variantides oluliselt vähem (variantide keskmine  $0,22 \pm 0,05 \text{ g N m}^{-2}$ ), kui teisel aastal (variantide keskmine  $2,02$

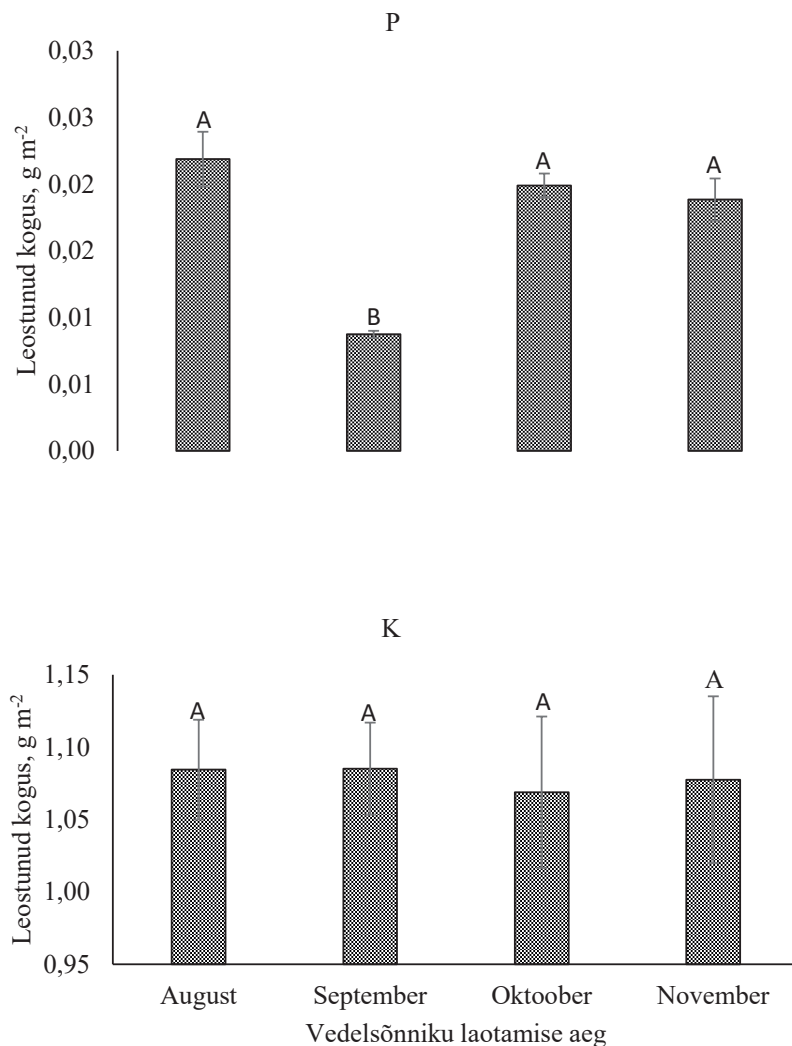


$\pm 0,11 \text{ g m}^{-2}$ ). Esimesel aastal esines ka selge trend, mille järgi oli  $\text{NO}_3\text{-N}$  leostumine seda väiksem, mida hiljem sügisel vedelsõnniku andmine toimus. Teisel aastal selget trendi ei olnud ja novembris vedelsõnnikut saanud variandist leostunud  $\text{NO}_3\text{-N}$  kogus oli üks suurematest. Kontrollvariandis leostus  $\text{NO}_3\text{-N}$  vähem, kui vedelsõnnikut saanud variantidest, kuid erinevus oli statistiliselt usutav ainult variandiga, mis sai sõnnikut septembris.

$\text{NH}_4\text{-N}$  leostus võrreldes  $\text{NO}_3\text{-N}$ -ga oluliselt vähem ( $0,11 \pm 0,003 \text{ g m}^{-2}$ ). Esimesel aastal vedelsõnniku andmise aeg  $\text{NH}_4\text{-N}$  leostumist ei mõjutanud, kuid teisel aastal oli selle mõju usutav ( $p < 0,01$ ). Mida hiljem sügisel vedelsõnnik mulda viidi, seda rohkem  $\text{NH}_4\text{-N}$  leostus. Koguseliselt oli see muutus väike. Ka novembris antud vedelsõnniku korral leostus  $\text{NH}_4\text{-N}$ -i koguseliselt 17 korda vähem kui  $\text{NO}_3\text{-N}$ -i. Augustis oli see erinevus 32 korda.



**Joonis 1.** Leostunud N kogus ( $\text{g m}^{-2}$ ) sõltuvalt vedelsõnniku laotamise ajast sügisel (kahe katseaasta keskmine)



**Joonis 2.** Leostunud fosfori (P) ja kaaliumi (K) kogus (g m<sup>-2</sup>) sõltuvalt vedelsõnniku laotamise ajast (kahe katseaasta keskmine, veapiirid näitavad standarddiga)

N<sub>org</sub>-i leostus keskmiselt  $0,64 \pm 0,04$  g m<sup>-2</sup> ja see moodustas kogu sügis-talvisel perioodil leostunud N<sub>üld</sub> kogusest kahe katseaasta keskmisena 32,0%. Katseaastate vahel oli selles osas suur erinevus. Esimesel aastal moodustas N<sub>org</sub> leostunud N<sub>üld</sub> kogusest 64,0% ja teisel 22,8%. Mõlemal aastal leostus N-i orgaanilises vormis kõige rohkem oktoobris ja kõige vähem augustis ja septembris vedelsõnnikut saanud variandis.

P<sub>üld</sub> leostus augustist kuni aprillini kahe katseaasta keskmiselt  $0,017 \pm 0,001$  g m<sup>-2</sup>. Kõige väiksem oli leostumine kui vedelsõnnik viidi mulda septembris ( $0,009 \pm 0,0003$  g m<sup>-2</sup>,  $p < 0,01$ ). Vedelsõnniku andmisaja mõju oli P leostumisele usutav

ainult esimesel katseaastal. Teisel aastal oli P leostumine kõigis variantides sarnane ja koguseliselt leostus neist kõigist P-d siis ligikaudu sama palju, kui esimesel aastal septembris vedelsõnnikut saanud variandis.

$K_{\text{üld}}$  leostus sügis-talvisel perioodil keskmiselt  $1,08 \pm 0,02 \text{ g m}^{-2}$ . K leostumine vedelsõnniku andmise ajast ei sõltunud ( $p = 0,99$ ).

## Arutelu

Vedelsõnniku andmise aja mõju oli  $N_{\text{üld}}$  leostumisele väike. Laotamisaegade vahel oli usutav erinevus ainult esimesel aastal, kui N leostus teiste variantidega võrreldes usutavalt rohkem ( $p > 0,05$ ) kui sõnnik laotati oktoobris. Aasta hiljem oli leostunud N kogus kõige suurem septembris antud vedelsõnniku korral, kuid siis ei olnud see erinevus usutav. N leostumisel on tugev positiivne seos läbi mulla nõrguva vee kogusega (Raave 2015; Tampere 2017). Mõlemal katseaastal olid september ja oktoober kõige vihmasemad, mistõttu oli muld nendel kuudel sõnniku laotamise ajal väga märg, mis võis olla ka põhjuseks, miks just neil kahel kuul oli N leostumine teiste kuudega võrreldes veidi suurem. Edaspidi vajab uurimist, miks oli mõlemal aastal augustis vedelsõnnikut saanud variandis N leostumine teiste kuudega võrreldes veidi väiksem. Kui november välja arvata, siis esines augustis sademeid vähem ja õhutemperatuur oli kõrgem. Seetõttu olid tingimused soodsad nii orgaanilise aine lagundamiseks kui ka mineralisatsiooniks, aga samuti ka  $\text{NH}_4\text{-N}$  nitrifikatsiooniks. Kuna lüsimeetritel vahekuultuuri ei kasvatatud, mis oleks N mullast omastanud, siis võis eeldada, et vedelsõnnikust mulda vabanenud N sademete mõjul järgmistel kuudel leostub. Tegelikult seda ei juhtunud, mis võib olla tingitud mikroorganismidest, kes kasutasid seda N-i oma elutegevuseks (immobilisatsioon), kuid on samuti võimalik, et kõrgema õhutemperatuuri tõttu augustis, lendus siis N ammoniaagina rohkem, kui teistel kuudel.

Uurimistöö alguses me oletasime, et mida hiljem sügisel vedelsõnnikut laotada, seda väiksem on  $\text{NO}_3\text{-N}$  leostumine. Katse tulemused seda oletust ei kinnita. Kui esimesel aastal oli  $\text{NO}_3\text{-N}$  leostumine tõesti seda väiksem, mida hiljem sügisel vedelsõnnikut anti, siis teisel aastal see enam nii ei olnud. See tulemus on vastuolus van Es et al. (2006) ja Williams et al. (2012) poolt läbi viidud uuringute tulemusega, mis mõlemad näitasid, et  $\text{NO}_3\text{-N}$  leostumine on väiksem, kui sõnnikut laotada varasügisel asemel hilissügisel. Nitraatide teket mullas seostatakse nitrifitseerivate bakterite aktiivsusega, mis mullatemperatuuri langedes alla  $10^\circ\text{C}$  väheneb (Sakai, 1959; Williams et al., 2012). Meie katses oli mõlemal aastal keskmine õhutemperatuur kõige madalam novembris. Teisel aastal langes õhutemperatuur novembri teises pooles püsivalt alla  $0^\circ\text{C}$ , mistõttu olid tingimused nitrifikatsiooniprotsessi aeglustumiseks justkui täidetud. Teise aasta tulemused küll näitasid seda, et iga kuuga, mis vedelsõnnik augustikuust hiljem laotati, suurenes  $\text{NH}_4\text{-N}$  leostumine, kuid sellel puudus usutav mõju  $\text{NO}_3\text{-N}$  leostumisele.

Väga palju leostus N-i orgaanilises vormis.  $N_{\text{org}}$  leostumist on seni vähe uuritud, kuid need uuringud on näidanud, et leostunud  $N_{\text{org}}$  kogus moodustab umbes 1/3 leostunud nitraadi kogusest (Jiao et al., 2004). Samas karjamaal võib  $N_{\text{org}}$  leostumine

olla ka väga suur ( $127 \text{ kg N}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1}$ ) (Wachendorf et al., 2005). Väga palju leostub N-i orgaanilises vormis metsamuldadest, kus see on suurem  $\text{NO}_3\text{-N}$  leostumisest (van Kessel et al., 2009). Meie katses leostus  $\text{N}_{\text{org}}$ -i palju esimesel aastal, kui sügis oli erakordselt sademeterohke. Oktoobris, vedelsõnniku andmise ajal, oli muld veega küllastunud ja selles variandis moodustas  $\text{N}_{\text{org}}$  augustist kuni aprillini leostunud N kogusest koguni 82%. Esimesel kuul pärast vedelsõnniku laotamist oli see isegi 99%. F. Magdoff (1978) uuring näitas, et sõnniku mineralisatsioon toimub halvasti dreenitud mullas ligikaudu poole aeglasemalt võrreldes hästi dreenitud mullaga, mis võib olla ka meie katse puhul põhjuseks, miks oli esimesel aastal N leostumine orgaanilises vormis nii suur.

Vedelsõnniku mõju P leostumisele on sügis-talvisel perioodil väike ja see ei sõltu oluliselt ajast, millal sügisel sõnnik mulda viia. Esimesel aastal oli leostumine küll väiksem septembris mulda viidud vedelsõnniku korral, kuid teisel aastal leostus seda kõigis variantides peaaegu võrdses koguses. Seevastu K leostumine oli kõigis variantides väga suur. Vedelsõnnikut saanud variantidega sarnane kogus K-d leostus ka kontrollvariandist, mis näitab, et tegemist ei olnud ainult sõnnikust vabanenud K leostumisega. Kõik katsevariandid said juunis sama koguse mineraalset K väetist, mistõttu on tõenäoline, et sügisel leostus see osa väetisega mulda viidud K-st, mida taimed ei omastanud.

## Kokkuvõte ja järeldused

Kahe katseaasta tulemuste põhjal ei olene toitainete leostumine oluliselt vedelsõnniku laotamise ajast sügisel, kuid mõlema aasta tulemustes esines tendents, mis näitas, et N leostus veidi vähem kui vedelsõnnikut laotati augustis ja kõige rohkem, kui seda tööd tehti septembris või oktoobris. Novembri keskel laotatud vedelsõnniku korral ei olnud N leostumine kummalgi aastal suurem võrreldes septembris või oktoobris laotatud sõnnikuga.

Meie tulemustest selgus samuti, et ilmastikutingimused laotamise ajal mõjutavad ka seda, millises vormis N leostub. Sademete rohkel perioodil, kui muld on veega küllastunud, leostub suur kogus N orgaanilises vormis. Kuivemal perioodil domineerivad nõrgvees  $\text{NH}_4\text{-N}$  ja  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Meie tulemused ei toeta mitme varasema uuringu tulemust, mille kohaselt on  $\text{NO}_3\text{-N}$  leostumine väiksem, kui vedelsõnnikut laotada varasügisel asemel hilissügisel.

Toitainete leostumine sõltub oluliselt sademete hulgast, mis on sügiskuudel aastati erinev. Seetõttu oleks vaja seda katset jätkata pikema perioodi jooksul, et saada sõnniku laotamise aja mõju kohta toitainete leostumisele täpsemaid tulemusi.

## Tänuavaldused

Uurimistöö on tellitud MTÜ Põllukultuuride klaster poolt.

## Kasutatud kirjandus

- Clark, K., Chantigny, M.H., Angers, D.A., Rochette, P., Parent, L.E. 2009. Nitrogen transformations in cold and frozen agricultural soils following organic amendments. – *Soil Biol. Biochem.* **41**(2), 348–356.
- Edwards, D.R., Daniel, T.C. 1993. Drying interval effects on runoff from fescue plots receiving swine manure. – *Trans. ASAE* **36**, 1673–1678.
- Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. 1960. Investigations of the chemical soil analysis as a basis for the evaluation of nutrient status in soil II. Chemical extraction methods of phosphorus and potassium determination. – *K. Lantbruks Högsk. Ann.* **26**, 199–215 (Saksa keeles).
- Jiao, Y., Hendershot, W.H., Whalen, J.K. 2004. Agricultural practices influence dissolved nutrients leaching through intact soil cores. – *Soil Sci. Soc. Am. J.* **68**, 2058–2068.
- Magdoff, F. 1978. Influence of manure application rates and continuous corn on *Soil-N*. – *Agron. J.* **70** (4), 629–632. Official Methods of Analysis of the AOAC, 15th Edition. 1990. Arlington (US).
- Pitk, P., Raave, H., Tampere, M. 2015. Maaeluministeeriumi RUP projekti „Digestaadi väetisomaduste ja keskkonnamoju võrdlev uuring vedelsõnniku ja mineraalväetisega“ – *koondraport* [https://www.pikk.ee/upload/files/Aruanne\\_digestaat\\_vaetisena\\_uuring\\_04\\_05\\_2016.docx](https://www.pikk.ee/upload/files/Aruanne_digestaat_vaetisena_uuring_04_05_2016.docx) (kontrollitud 27.12.2019)
- Raave, H. 2015. Alternatiivsete väetisainete keskkonnanõidliku kasutuse võimalused ja efektiivsus tava- ja maheviljeluses võrdlevalt traditsiooniliste orgaaniliste ja mineraalväetistega. *Projekti lõpparuanne*, 45 lk.  
[https://www.pikk.ee/upload/files/Alternatiivsed\\_vaetusained\\_Projekti\\_lopparuanne.pdf](https://www.pikk.ee/upload/files/Alternatiivsed_vaetusained_Projekti_lopparuanne.pdf) (kontrollitud 27.12.2019)
- Ruzicka, J., Hansen, E.H. 1988. Flow Injection Analysis, 2nd Edition. Wiley, Chichester, West Sussex, (UK).
- Sakai, H. 1959. Effect of temperature on nitrification in soils. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* **4** (4) 159–162.
- Schulte, E.E., Hopkins, B.G. 1996. Estimation of organic matter by weight loss-on-ignition. – In: Magdoff, F.R., et al., (eds.). *Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation*, SSSA Special Publication Number 46, SSSA, Madison, Wisconsin, (US).
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1980. 15th Edition. American Public Health Association. Washington (US).
- Tampere, M. 2017. Impact of slurry fertilization on nutrient leaching and on the abundance of antibiotic resistance genes in agricultural soil. – *A Thesis applying for the degree of Doctor of Philosophy in Agriculture*, Tartu, 127 p.
- van Es, H.M., Sogbedji, J.M., Schindelbeck, R.R. 2006. Effect of manure application timing, crop, and soil type on nitrate leaching. – *J. Environ. Qual.* **35** (2), 670–679.
- van Kessel, C., Clough, T., van Groenigen, J.W. 2009. Dissolved organic nitrogen: an overlooked pathway of nitrogen loss from agricultural systems? – *J. Environ. Qual.* **38**, 393–401.
- Veeseaduse RT I, 22.02.2019, 1  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/122022019001> (kontrollitud 27.12.2019)
- Wachendorf, C., Taube, F., Wachendorf, M. 2005. Nitrogen leaching from 15N labelled cow urine and dung applied to grassland on a sandy soil. – *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* **73**, 89–100.
- Williams, M.R., Feyereisen, G.W., Beegle, D.B., Shannon, R.D. 2012. Soil temperature regulates nitrogen loss from fall and winter manure application. – *Trans. ASABE* **55** (3), 861–870.

## Põllukultuurid

Field crops

## Timuti sortide saagikus ja toiteväärtus

Rene Aavola, Priit Pechter  
Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Aavola, R., Pechter, P.2020. Herbage yield and feeding value of timothy cultivars. – Agronomy 2020

The newest timothy (*Phleum pratense* L.) cultivars bred by Boreal Plant Breeding Ltd. have been selected for improved herbage production and quality. Dry matter yield (DMY), digestibility (DDM) and intake (DMI), contents of crude protein (CP) and metabolizable energy (ME) of an Estonian control cultivar were compared with four Finnish timothy cultivars in a field trial. Limited plant nutrition (N 120 and K 50 kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) was compared with more abundant and versatile (N 189, K 108 kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> + P, Mg, S, B, Zn and Se) mineral fertilizer application. Timothy was first harvested at early heading. The second harvest was scheduled seven weeks after the first. Both harvests in two cultivars were followed by delayed cuts and additional three samplings of senescent herbage at four-day intervals. Across the two harvest schedules and fertilization regimes cultivar ‘Dorothy’ produced the highest total DMY (10.66 t ha<sup>-1</sup>), but with the least feeding value. Less productive ‘Uula’ distinguished by the highest forage quality. Its herbage contained 643.4 g of DDM, 86.1 g of CP and 10.11 MJ kg<sup>-1</sup> DM, with the DMI of 2.24 %. ‘Tuure’ was equal in quality, except for lower CP, *i.e.* 81.8 g kg<sup>-1</sup> DM. Mean increase in the total DMY of timothy either caused by rich fertilization or delayed harvests was 0.4 and 1.3 t ha<sup>-1</sup>, respectively. Modern timothy cultivars had significantly enhanced DMY and with the exception of ‘Dorothy’, equal or superior herbage quality when compared to the Estonian obsolete cultivars. The DDM, DMI and ME declined significantly past the optimal harvest stage in all cultivars at both fertilization regimes. Delayed harvesting caused reduced CP content in all tested cultivars, except for the cv. ‘Uula’ that did not have a significant change at neither fertilization schemes.

**Keywords:** dry matter, forage, digestibility, metabolizable energy

### Sissejuhatus

Põldtimut (*Phleum pratense* L.) on paraskliimavööndi põhjaosas rohusööda tootmisel üks laialdasemalt kasvatatavaid kõrrelisi heintaimi. Vaatamata väga heale talve- ja haiguskindlusele on rohu toiteväärtuse kiire langus pärast optimaalset koristusaega tema üks peamisi puudusi. Rohusööda kvaliteedi langus on seotud timuti kõrsumisega. Sellest tulenevalt on uute sortide aretamisel pööratud tähelepanu timuti saagikuse ja kvaliteedi, esmajoones toorproteiini sisalduse samaaegsele suurendamisele. Vaatamata nende omaduste vastandlikkusele on õnnestunud luua selliseid populatsioone (Bélanger, et al., 2001). Eestis pärast ‘Tika’ ja ‘Tia’ sordilehte võtmist aastail 1992 ja 1993 põldtimutit ei aretata, kuid Soomes on Boreal Kasvinjalostus Oy seda järjepidevalt teinud. Käesolevas uurimuses võrreldakse Eesti põldtimuti sortide saagikust ja toiteväärtust Soomes aastail 2002–2019 registreeritud sortide vastavate näitajatega.

## Materjal ja metoodika

Põldkatse külvati 7. juunil 2018 kahe Eesti ja nelja Soome timuti sordiga (tabel 1). Katseala väetati külvielselt veise vedelsõnnikuga  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Kasutati kahte väetusprogrammi:

1) 'Farmer' ('F') –  $200 \text{ kg NH}_4\text{NO}_3$  ja  $100 \text{ kg KCl ha}^{-1}$ , mis anti 10. aprillil. Pärast esimest niidet, 8. juunil lisati veel  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ NH}_4\text{NO}_3$ .

2) 'Yara' väetussüsteem ('Y'), mille puhul anti Yara Mila (YM) kompleksväetisi: 27. märtsil  $450 \text{ kg ha}^{-1} \text{ YM 20-5-15}$ , 9. juunil  $\text{YM 22-0-14}$   $300 \text{ kg ha}^{-1}$  ja 1. augustil  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Timut niideti  $7,3 \text{ m}^2$  pindalaga katselappidelt kombainiga Hege 212 ja saak kaaluti. Pooled katselapid koristati loomise algfaasis 4. juunil ja ülejäänud täisloomisel 7. juunil. Seejärel võeti sortidelt 'Tia' ja 'Rhonia' lisaproovid 10., 14. ja 18. juunil. Timutit koristati teist korda 70 päeva pärast esimest niidet, s.o. 25. juulil. Ka seekord koristati pooled katselapid hilises arengujärgus 31. juulil ning järgnes sortidelt 'Tia' ja 'Rhonia' proovide võtmine 5., 9. ja 13. augustil. Kõik pealtväetamised tehti kaks päeva pärast timuti koristamisi. 'F' väetusrežiimi puhul kasvas kolmas saak taimikut väetamata. Kolmandat korda niideti timutit taimekasvuperioodi lõpul 3. oktoobril. Summaarsed taimetoitainete kogused 2019. aastal olid järgmised: 'F' – N 120 ja K  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ , 'Y' – N 189, P 10, K 108, Mg 19, S  $27 \text{ kg ha}^{-1}$  + B 315, Zn 45 ja Se  $14 \text{ g ha}^{-1}$ . Rohuproovid kuivatati kondenseeriva kuivatiga  $50^\circ\text{C}$  juures kuni püsiva kaaluni, jahvatati veskiga Retch SM 100, läbisid 1 mm sõela ja analüüsiti Eesti Maaülikooli taimebiokeemia laboris analüsaatoriga Foss NIRS 6500. Katses määrati kuivaine (KA) saak ja seeduvus (KAS) ning metaboliseeruva energia (ME) ja toorproteiini (TP) sisaldus. Katseandmed töödeldi kahefaktorilisel dispersioonanalüüsil andmetöötlusprogrammiga Agrobases 20<sup>TM</sup> ja erinevuste statistiline usutavus leiti 95 % ( $PD_{0,05}$ ) tõenäosusega.

## Tulemused ja arutelu

2019. a. eelnes esimesele niitele mitmenädalane mõõdukalt sooja õhutemperatuuri režiimiga sajuta või väheste sajuhulkadega periood. Loomise alguse faasis koristatud saagile järgnes viiepäevane kuumaperiood, kui ööpäevane keskmine õhutemperatuur varieerus vahemikus  $20,3$  ja  $23,8^\circ\text{C}$  ning maksimumid vahemikus  $27,8$  ja  $29,7^\circ\text{C}$ . Pärast saagikoristust toimus timuti kuivainesaaigi kiire juurdekasv ('F' variandis +  $2,37$  ja 'Y' +  $1,94 \text{ t ha}^{-1}$ ) pea kõigi katsevariantide puhul, välja arvatud sort 'Tuure' 'Y' väetusrežiimil (tabel 1). Rohusööda saagi juurdekasvu ja fenoloogilise arenguga kaasneb paraku selle toiteväärtuse alanemine (Bélanger et al., 2001). Sarnaselt esimesele niitele valitses ka teise niite eel ja järel põuane ja veelgi kuumem periood. Varajase ja hilise koristusfaasi vahelistel päevadel kerkisid õhutemperatuuri maksimumid kolmel järjestikusel päeval  $27,5$ -lt  $32,7^\circ\text{C}$ -ni. Sellistes ebasoodsates oludes timuti KA saak kuue päeva möödudes koguni vähenes, katse keskmisena 'F' variandis  $-0,51$  ja 'Y'  $-0,65 \text{ t ha}^{-1}$  võrra. Erandina suurenes see 'F' režiimil väetatud sordil 'Dorothy' ( $+0,16 \text{ t ha}^{-1}$ ). Kolme- või kuuepäevane hiline mine optimaalse nii-



teajaga võrreldes suurendas sortide keskmisena KA saaki – ‘F’ väetusvariandi puhul 1,87 ja ‘Y’ puhul 1,30 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabel 1.** Timuti sortide kuivaine kogusaak ja seeduvus kahe väetus- ning niiterežiimi tingimustes

Sort	Kuivaine saak, t ha <sup>-1</sup>				Kuivaine seeduvus, g kg <sup>-1</sup>			
	'Farmer'		'Yara'		'Farmer'		'Yara'	
	Varane	Hiline	Varane	Hiline	Varane	Hiline	Varane	Hiline
Tia	7,39	9,12	9,10	10,08	647	625	646	623
Tika	8,50	9,96	8,44	10,93	649	631	639	625
Dorothy	8,24	11,33	10,84	12,23	647	622	639	621
Rhonia	8,85	10,84	9,73	11,76	642	625	640	624
Tuure	8,86	10,51	10,92	10,35	658	635	648	632
Uula	8,33	9,61	9,04	10,52	656	637	649	632
<i>PD</i> <sub>0,05</sub>	1,48		0,90		7,8		8,4	

Varajase ja hilise niiterežiimi rakendamisel saadi timuti KA kogusaakideks vastavalt 9,02 ja 10,60 t ha<sup>-1</sup>. Varajaste niitmiste variandis oli kõige saagikam sort ‘Tuure’ ja hilisemate niitmiste korral ‘Dorothy’. Suurim KA saagi juurdekasv koristamisega viivitamise vältel (+3,09 t ha<sup>-1</sup>) registreeriti sordil ‘Dorothy’ variandis ‘F’ ja sordil ‘Tika’ (+2,49 t ha<sup>-1</sup>) variandis ‘Y’. Mõlema väetusrežiimi ja niiteaja keskmisena saadi suurim KA saak sordilt ‘Dorothy’ (10,66 t ha<sup>-1</sup>), millega ületas usutavalt sorte ‘Tia’, ‘Tika’ ja ‘Uula’.

Optimaalsest hilisem niitmine põhjustab timuti seeduvuse languse. Saagi juurdekasvuga kasvutsükli kestel väheneb saagis lehtede ja suureneb struktuurse komponendi osakaal, mida iseloomustab neutraalkiu sisalduse tõus. Rootsis määrati timuti seeduvuse vähenemise määraks 2–7 g kg<sup>-1</sup> KA päevas (Thorvaldsson and Andersson, 1986) ehk 0,30–0,36 g kg<sup>-1</sup> KA temperatuuri kraadi kohta päevas (Thorvaldsson, 1987).

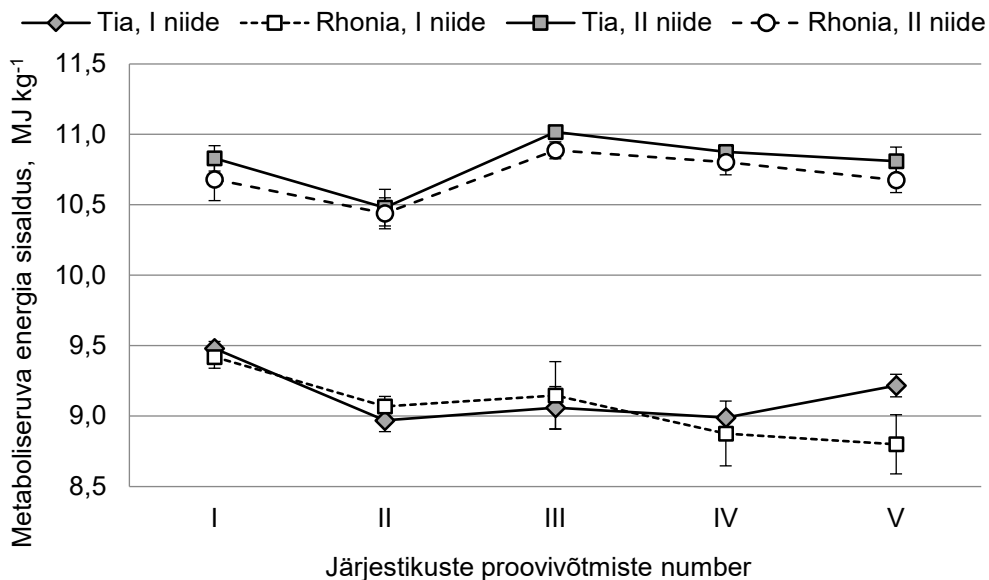
Käesolevas uurimuses alanes esimeses ja teises niites saagikoristusega vastavalt kolme- ja kuuepäevase hilinemise tagajärjel timuti KAS keskmiselt 647-lt 628 g-ni, ME 10,17-lt 9,82 MJ-ni kg<sup>-1</sup> ja söömus 2,28-lt 2,11 %-ni (andmeid ei ole tabelis esitatud). Rikkalikum taimetoitainete kasutamine ‘Y’ väetusrežiimil alandas küll timuti söödaväärtust ‘F’-ga võrreldes, kuid mitte sel määral nagu taimiku vananemine: KAS 640-lt 635 g-ni, ME sisaldus 10,04-lt 9,95 MJ-ni kg<sup>-1</sup> ja KA söömus 2,21-lt 2,18 %-ni. ‘F’ väetusrežiimi rakendamisel ja taimiku varajases arengufaasis niitmisel eristusid sordid ‘Tuure’ ja ‘Uula’ standardsordist ‘Tia’ usutavalt kõrgema KAS ja ME poolest, ‘Y’ väetusrežiimil säilis ‘Uula’ kõrgeim toiteväärtus ka hilises arengujärgus (tabel 1). Kõigi eelpoolmainitud toiteväärtuse näitajate alanemine taimiku vananemise käigus oli statistiliselt usutav ( $p < 0,05$ ). Katsetatud sortidest vastasid ‘Tuure’ ja ‘Uula’ taimikud kõrge kvaliteediga rohusööda nõuetele, mille KAS peaks U. Tamme (2017) andmetel olema > 650 g ja ME sisaldus > 10 MJ kg<sup>-1</sup>. Varane niitmine kindlustas timuti sortide nõutud ME sisalduse, mis varieerus vahemikus 10,03–10,39 MJ kg<sup>-1</sup>. Koristamisega hilinemisel alanes see 9,70–9,99 MJ-ni kg<sup>-1</sup>,

mõõdetuna vastavalt sortidel 'Dorothy' ja 'Uula'. Kolme- ja kuuepäevane koristusega viivitamine võimaldas siiski varuda energiarikast ja hea seeduvusega, kuigi valguvaest rohusööta.

Pärast hilises arengufaasis koristamist jälgiti kahel sordil KAS ja ME sisalduse muutumist. Juunikuus ilmses sortide 'Tia' ja 'Rhonia' usutav söödaväärtuse erinevus kaks nädalat pärast optimaalset niiteaega kui sordil 'Rhonia' langes see standardsordiga võrreldes usutavalt (joonis 1). Pikaajaline põud lõppes päev enne kolmanda proovi võtmist. Järgneva kuue päeva jooksul langenud suur sajuhulk (48,4 mm) muutis veel maapinnal oleva, lahustumata ja seni kasutamata YM väetise taimele kättesaadavaks. Taimekasvu taastumise tulemusena toimus sordil 'Tia' ME sisalduse tõus viienda proovi võtmise ajaks.

Juulis ja augustis olid I, III ning V proovi võtmise ajal 'Rhonia' KAS ja ME sisaldused statistiliselt usutavalt madalamad kui sordil 'Tia', vaatamata nende ädalate kõrgele toiteväärtusele.

Põldtimuti kasvuks on sobivaim päevane õhutemperatuur 20–22 °C ja öine >10 °C (Dairy, 2012). Ädalaproovide kogumisele eelnenud 18-päevane arvestatavate sajuhulkadeta, valdavalt siiski sademeteta periood ühes > 25 °C-ste päevaste õhutemperatuuridega kiirendas stressis taimiku vananemist. Kõrgematel temperatuuridel kasvanud taimed on halvema sööda kvaliteediga võrreldes madalamatel temperatuuridel kasvanud taimedega (Ball et al., 2017). Kõrged õhutemperatuurid vähendavad taimede seeduvust rakukestade osatähtsuse ja nende ligniinisalduse suurenemise (Ames, McElroy and Erfle, 1993), samuti taime morfoloogia, näiteks lehtede arvu, lehtede ja kõrte suhte muutuste kaudu (Wilson, 1982; da Silva et al., 1987).



**Joonis 1.** Metaboliseeruva energia sisalduse muutus põldtimuti kuivaines loomise algul 4. juunil (I niide, I proov) ja kuni 14 päeva hiljem ning ädalas 25. juulil (II niide, I proov) ja kuni 19 päeva hiljem. Keskmine ± standardhälve

Kahel päeval enne teise ädalaproovi võtmist saavutasid õhutemperatuuride maksimumid 31,1–32,7 °C. Taimede oluliselt kiirenenud areng viis 'Tia' ja 'Rhonia' ME sisalduse vähenemisele (joonis 1). Pärast teise proovi võtmist valitsenud jahedapoolne ilm aeglustas timuti üle valmimist ja võrdlemisi ühtlaselt jaotunud, ehkki vähene sajuhulk ergutas kasvu. ME sisalduse poolest eristus kolmandana võetud proov, kuigi see koguti 11 päeva pärast varajast niiteaega. Isegi 19 päeva pärast seda kogutud ädalaproovide ME sisaldused olid usutavalt suuremad sisaldusest, mis määrati kuus päeva optimaalsest ehk varajasest niiteajast hiljem kogutud proovidest. ME sisalduse suurenemine on seletatav vahepeal seiskunud taimekasvu aktiveerimisega, s.t. noorte taimekudede taas moodustumisega.

Kahel väetusrežiimil kasutati ebavõrdseid taimetoiteelementide koguseid. 'Y' puhul kujunes kahe väetamise summana antud N 156 kg ha<sup>-1</sup> kasutamisel timuti keskmiseks TP sisalduseks 84,7 ja 'F' puhul N 120 kg ha<sup>-1</sup> kasutamisel 79,8 g kg<sup>-1</sup> KA. Erinevus on väike, kuid statistiliselt usutav. On kindlaks tehtud (Bélanger et al., 2001), et lämmastikuga väetamine vähendab taime lehtede osatähtsust saagis, mis suuresti seletab lämmastikväetise negatiivset mõju timuti toiteväärtusele. Siit tuleneb, et faktorid, mis suurendavad timuti produktiivsust, alandavad tõenäoliselt tema söödaväärtust.

Hilisem vanemas arengujärgus taimiku niitmine põhjustas aga veelgi ulatuslikuma ja usutava TP sisalduse alanemise – väetusvariantide keskmisena 88,6-lt 75,8 g-ni kg<sup>-1</sup> KA. Taimelämmastiksisalduse vähenemine tuleneb suhteliselt lämmastikurikka metaboolse taimekomponendi osatähtsuse vähenemisest kasvu käigus (Bélanger, et al., 2001). Isegi maksimaalne TP sisaldus timutis (101,1 g kg<sup>-1</sup>) määratuna 'Y' režiimil väetatud ja varajastes arengufaasides koristatud sordil 'Tia' ei saavutanud lüpsikarjale nõutavat taset, mis on  $\geq 160$  g kg<sup>-1</sup> KA (Tamm, 2017). Saagikaim sort 'Dorothy' ja madalamasaagilised 'Tia' ning 'Uula' olid vastandlike TP sisaldustega, mis viitab negatiivsele seosele heintaimelise saagikuse ja selle toiteväärtuse vahel. Sellist iseärasust ja ka vastupidist – kõrge toiteväärtusega sortidele omast madalamat saagikust on timutil täheldatud ka varem (Casler and Vogel, 1999).

'F' ja 'Y' variantide puhul olid KAS väärtused vastavalt 639,5 ja 634,8 g, ME 10,04 ja 9,95 MJ kg<sup>-1</sup> KA ning KA söömus 2,21 ja 2,18 %. Seega vähendas rikkalikum väetamine usutavalt timuti toiteväärtust võrreldes napima NK-väetamisega.

Sordikirjelduses kõrge söödaväärtusega iseloomustatud sordil 'Uula' ei langedud TP sisaldus hilisemal koristamisel usutavalt võrreldes varajaste koristusaegade keskmisega. Ka ei olnud sortidel 'Tia' ja 'Tuure' 'F' ning 'Tika' 'Y' väetusrežiimil kasvanud vananenud taimiku < 1 %-line TP sisalduse langus statistiliselt usutav. Nende nelja sordi TP sisaldus säilis võrdlemisi hästi.

## Kokkuvõte

Soome timutisortide kirjeldustes esile tõstetud agronoomilised omadused avaldusid ka Jõgeval juba esimesel saagiaastal. Sordid 'Dorothy' ja 'Rhonia' eristusid suure saagivõime, 'Tuure' ja 'Uula' aga nii saagikuse kui selle kõrge toiteväärtuse poolest. Produktiivsed sordid jäid toiteväärtuselt madalamasaagilistele alla. Vaatamata

sellele, et taimiku vanus on kaalukaim rohusööda kvaliteeti määrav faktor, mõjutab ka ilmastikutingimuste muutumine söödaväärtuse dünaamikat ja aja kulgedes mitte üksnes halvenemise suunas. Põldtimuti saagikus suurenes rikkalikuma taimetoitainetega varustatuse tingimustes, toiteväärtus aga valdavalt vähenes. Kvaliteedinäitajate alusel reastusid kuus sorti läbi kogu kasvuperioodi üsna sarnases järjekorras, mis tõendab genotüübi efekti timuti sordiomaste tunnuste avaldumisel.

### Kasutatud kirjandus

- Ames, N., McElroy, A. R. and Erfle, J. 1993. The effect of temperature on quality characteristics in timothy (*Phleum pratense* L.) genotypes. – *Can. J. Plant Sci.* **73**, 1017–1026
- Ball, D.M., Collins, M., Lacefield, G.D, Martin, N.P., Mertens, D.A., Olson, K.E., Putnam, D.H., Undersander, D.J. and Wolf, M.W. 2017. Understanding Forage Quality. – *American Farm Bureau Federation Publication 1-01*, Park Ridge, IL, 21 pp.
- Bélanger, G., Michaud, R., Jefferson, P. G., Tremblay, G. F. and Brégar, A. 2001. Improving the nutritive value of timothy through management and breeding. – *Can. J. Plant Sci.* **81**, 577–585.
- Casler, M. D. and Vogel, K. P. 1999. Accomplishments and impact from breeding for increased forage nutritional value. – *Crop Sci.* **39**, 12–20.
- da Silva, J. H. S., Johnson, W. L., Burns, J. C. and Anderson, C. E. 1987. Growth and environment effects on anatomy and quality of temperate and subtropical forage grasses. – *Crop Sci.* **27**, 1266–1273.
- Dairy Australia. 2012. *Pastures Australia. A collaboration between AWI, GRDC, MLA, RIRDC and Dairy Australia*
- Tamm, U. 2017. – *Parema toiteväärtusega rohusööd*. ETKI, Saku, 57 lk.
- Thorvaldsson, G. 1987. The effects of weather on nutritional value of timothy in Northern Sweden. – *Acta Agric. Scand.* **37**, 305–319.
- Thorvaldsson, G. and Andersson, S. 1986. Variations in timothy dry matter yield and nutritional value as affected by harvest date, nitrogen fertilization, year and location in Northern Sweden. – *Acta Agric. Scand.* **36**, 367–385.
- Wilson, J. R. 1982. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. – *Nutritional limits to animal production from pastures*. Commonwealth Agricultural Bureaux. Ed. J. B. Hacker, Farmham Royal, U.K, 111–131.

# Maapirni sortide võrdluskatse tulemused

**Mati Koppel**

Eesti Taimakasvatuse Instituut

---

**Abstract.** Koppel, M. 2020. The comparison of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) cultivars. – Agronomy 2020.

The purpose of the article is to compare Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) cultivars and select the most suitable ones for Estonian conditions. The field trials with 15 genotypes were carried out in 2017 and 2018 at Estonian Crop Research Institute in Jõgeva. Cultivars Bianca, Topstar ja Sauliai provided the highest tuber yield and could be recommended for production of edible tubers. Cultivars Topianka and Urodny provided the highest biomass and could be recommended for inulin or biofuel production.

**Keywords:** jerusalem artichoke, cultivars, yield

---

## Sissejuhatus

Viimastel aastatel on Eestis tekkinud huvi maapirni kasvatamise vastu. Vähenõudliku kultuurina on maapirn lihtsalt kasvatatav ning kogu taime on võimalik kasutada erinevatel eesmärkidel.

Maapirn omab traditsiooniliste põllukultuuride ees mitmeid eeliseid nagu suur biomassi toodang, hea vastupanuvõime külmale, põuale ja madalale mullaviljakusele, hea vastupanuvõime taimekahjustajatele, vähene väetisevajadus ning madalad kasvatamiskulud. Maapirn kasvab hästi väga laias kasvukeskkonnatingimuste vahemikus. Sobivaimad kasvutingimused on aga kergetel, nõrgalt aluselise reaktsiooniga muldadel päikeselisel kasvukohal. Taime maapealsed osad kannatavad vaid kergeid miinuskraade, kuid mugulad säilivad külmunud pinnases hästi ka mitu kuud (Yang et al., 2015). Viimane asjaolu võimaldab mugulaid koristada ka kevadel. Piirkondades, kus muld talvel ei külmu, on koristamine võimalik aastaringelt (Yang et al., 2015).

Traditsiooniliselt on maapirni mugulaid kasutatud toidu- või söödataimena. Maapirni mugulad on hinnatud dieettoitude valmistamisel. Viimastel aastakümnetel on lisandunud uute kasutusvaldkondadena maapirni mugulatest või pealsetest inuliini, fruktoosi, bioaktiivsete ühendite ning etanooli ja biogaasi valmistamine aastaringelt (Yang et al., 2015). Maapirni pealsed ja mugulad sisaldavad varuainena inuliini, mis teeb temast väärtusliku tooraine inuliini ja fruktoosi tootmiseks. Mugulad sisaldavad kuni 20% inuliini (Žaldarienė et al., 2012). Maapirni mugulatest eraldatud inuliini ja fruktoosi kasutatakse funktsionaalsete toitute koostises, lehtedest ja vartest eraldatavad bioaktiivsed ained sobivad farmaatsitööstuse tooraineks. Taimede öitsemisaegsel tervikkoristusel saadud biomass võimaldab toota kuni 18 tonni inuliini hektarilt (Baldini, et al, 2004). Süsivesikuterikkaid pealseid ja mugulaid saab kasutada etanooli tootmiseks, seetõttu hinnatakse maapirni väga potentsiaalseks kultuuriks biokütuste tootmisel (Rossini et al., 2019).

Käesoleva töö eesmärgiks on selgitada välja Eestis kasvatamiseks sobivad maapirni sordid ning hinnata nende potentsiaalset ssaagikust.

## Materjal ja metoodika

Kirjanduse andmete põhjal valiti 15 potentsiaalselt Eestis kasvatamiseks sobivaimat, erineva kasvuaja ning erinevaks kasutusotstarbeks kohasemat maapirni sorti. Katse rajamiseks telliti 2017. aasta kevadel taimed Saksamaa firmadest Gärtneri helenion ([www.helenion.de](http://www.helenion.de)) ja Deaflora ([www.deaflora.de](http://www.deaflora.de)). Põldkatse sortide hindamiseks rajati Eesti Taimakasvatuse Instituudi katsepõllul Jõgeva alevikus 16. mail. Igast sordist istutati 5 taimet. Sordid paigutati katsesse ridadena, ridade vahe 100 cm, taimede vahekaugus reas 50 cm. Kasvueelselt väetati katsepõldu kompleksväetisega Yara Mila 18-9-9 300 kg ha<sup>-1</sup> (N 54). Kasvuaegselt anti täiendavalt 14. juunil väetist AN 34,4 150 kg ha<sup>-1</sup> (N 51,6). Kasvuajal tõrjuti umbrohte mehhaaniliselt ning mullati taimi kaks korda. Katse koristati 20. oktoobril käsitsi, igal taimel määrati mugulate ja pealsete toormass ning taimede kõrgus. Mugulad jagati kahte fraktsiooni - kaubanduslikud, üle 30 mm läbimõõduga müügikõlblikud mugulad ning väikesed mugulad. Tulemused on esitatud tabelis 1.

2018. aastal rajati katse eelmisel aastal paremateks osutunud seitsme sordi mugulatega. Katsesse lisati täiendavalt Leedu sort Sauliai. Katse rajati vagudena kasutades kartuli-kasvatases kasutatavat tehnoloogiat. Mugulad pandi vagudesse maha käsitsi 17. mail, vao laius 0,7 m, mugulate vahekaugus vaos 0,3 m, kahest vaost koosneva katselapi pindala 10,5 m<sup>2</sup>. Mahapanekueelselt väetati kompleksväetisega YaraMila Cropcare 8-11-23 1000 kg ha<sup>-1</sup> (N 80). Umbrohutõrjeks mullati kaks korda. Koristuseelselt niideti pealsed trimmeriga. Katse koristati elevaator tüüpi kartulivõtumasina 19. septembril. Sortidel määrati mugulate ja pealsete toorsaak ning keskmine mugula mass. Tulemused on esitatud tabelis 2.

## Tulemused ja arutelu

2017. aasta katses varieerus taimede pikkus väga suurtes piirides. Kõige pikemad olid sortide Topianka ja Waldspindel pealsed, ulatudes 271 cm. Lühemad olid varasema õitsemisega sordid Bianca ja Topstar. Mitme kõrgekasvulise sordi varred lamandusid tugevasti, mis võib olla takistuseks nende suurematel pindadel kasvatamisel. Pealsete lamandumist ei esinenud sortidel 'Bianca', 'Gute Gelbe', 'Kompakte Violette', 'Urodny' ja 'Topstar'.

**Tabel 1.** Maapirni sortide 2017.aasta võrdluskatse tulemused

Sort	Taime pikkus, cm	Pealsete mass, kg/ taim	Mugulate mass, kg/ taim	Taime biomass, kg/ taim	Kaubanduslike mugulate %
Bianca	185	1,37	3,36	4,73	69
Blaue Französiche	239	4,13	1,03	5,16	64
Gföhler Rote	237	1,7	0,18	1,88	43
Gute Gelbe	237	6,19	0,88	7,06	81
Härlighet Ruurd	238	3,49	0,72	4,22	77
Kompakte Violette	241	3,98	0,98	4,96	86
Olatin	234	2,18	0,32	2,50	94
Refla	250	3,74	1,11	4,86	97
Rote Keule	265	3,46	1,35	4,81	74
Rote Zonenkugel	206	3,06	1,02	4,08	80
Topianka	270	4,59	0,95	5,54	80
Topstar	196	1,18	2,46	3,64	96
Urodny	220	1,80	2,88	4,68	90
Waldspindel	271	3,37	1,93	5,30	61
Weisse Schweizer	247	4,82	1,65	6,46	87
PD 0,05	14,0	0,181	0,087	0,276	

**Tabel 2.** Maapirni sortide 2018.aasta võrdluskatse tulemused

Sort	Pealsete saak, t/ha	Mugulate saak, t/ha	Biomassi saak, t/ha	Mugula mass, g
Bianka	13,40	26,58	39,98	29,4
Blaue Französiche	42,16	11,36	53,52	21,4
Härlighet Ruurd	28,78	11,72	40,50	38,8
Rote Zonenkugel	30,62	14,12	44,74	40,4
Topianka	45,00	29,96	74,96	41,4
Topstar	14,60	29,10	43,70	57,4
Urodny	18,82	46,56	65,38	64,2
Sauliai	13,60	35,70	49,30	56,8

Nii varte kui mugulate mass erines sorditi väga suurtes piirides. Haljasmassilt oli suurima saagiga sort 'Gute Gelbe', mille ühe taime pealsete saak ületas 6 kg, kuid selle Saksamaal laialdaselt kasvatatava sordi mugulasaak jäi suhteliselt tagasihoidlikuks. Madalaim haljasmassisaak oli varajastel sortidel 'Bianka' ja 'Topstar'. Veelgi suuremates piirides varieerusid sortide mugulasaagid. Suurema kaubandusliku mugulasaagi, 2,3-2,6 kg taime kohta, andsid sordid 'Bianca', 'Urodny' ja 'Topstar'. Loetletud sordid osutusid taimede õitsemise ja pealsete kuivamise põhjal ka kõige varajasemateks. Mugulasaak praktiliselt puudus sortidel 'Gföhler Rote' ja 'Olatin'. Need sordid on selgelt liialt hilise valmimisega Eesti tingimustes kasvatamiseks. Kõigil sortidel määrati ka summaarne (maapealne + mugulate) biomass. Suurima biomassiga sordid 'Blaue Französiche', 'Gute Gelbe', 'Topianka', 'Waldspindel' ja 'Weisse Schweizer' võivad pakkuda potentsiaalset huvi biokütuste tootmisel.



2018. aasta katses oli kõige suurema mugulasaagiga sort 'Urodney'. Mugulasaak 46,56 tonni hektarilt on samal tasemel sel aastal Jõgeval kasvanud parimate kartulisortide saagiga. Samuti olid sel sordil kõige suurema massiga mugulad. Sordi 'Urodney' kasutust toiduks tarbimisel võib aga piirata tema mugulate ebakorrapärane kuju. Korraliku mugulasaagi, 25-35 tonni hektarilt andsid ka sordid 'Bianka', 'Topianka', 'Topstar' ja 'Sauliai'. Suurimad pealsete saagid olid sortidel 'Blaue Französische' ja 'Topianka'.

Katsetes saadud saagid on mõnevõrra suuremad maapirni tavasaakidest, mis on 16–20 t/ha mugulaid ja 18–28 t/ha pealseid (Yang et al., 2015). Katsetulemused on sarnased Norras läbiviidud uuringu tulemustega, kus varased sordid andsid suurema mugulasaagi kui hilised sordid, suurim mugulasaak oli 28,7 t/ha, kuid hilistel sortidel oli suurem pealsete saak (Slimestad et al., 2010). Samal tasemel olid saagid ka Tsehhi katsetes, mugulasaak kuni 38,3 t/ha ja pealsete saak kuni 71,9 t/ha (Cepl et al., 2012).

### Kokkuvõte

Kahe katseaasta kokkuvõttes osutusid Eestis toiduks tarbitavate mugulate kasvatamisel sobivaimateks sordid 'Bianka', 'Topstar' ja 'Sauliai'. Samuti suure mugulasaagi andnud sortide 'Topianka' ja 'Urodney' puhul on negatiivseteks külgedeks esimesel sordil mehhaniseeritud koristamist segavad liialt suured pealsed, teisel sordil mugulate ebakorrapärane kuju. Need sordid võiksid sobida biokütuste või inuliini tootmiseks.

### Tänuavaldused

Töö on valminud MAK 2014-2020 meetme „Uute toodete, tavade, protsesside ja tehnoloogiate arendamise toetus“ raames rahastatud projekti „Maapirni kasvatamine ja kasutusvõimalused kõrgväärtuslike toodete tootmiseks“ (projekti nr. 616216780057) raames. Finantseerija Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond.

### Kasutatud kirjandus

- Baldini, M., Danuso, F., Turi, M., Vannozzi, G. 2004. Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers. *Industrial Crops and Products* **19** (1), 25–40.
- Cepl, J., Kasal, P., Souckova, H., Svobodova, A., Bucher, P. 2012. Non-food production of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) and possibilities of its energetic utilization. *Actual Tasks on Agricultural Engineering: Proceedings of the 40. International Symposium on Agricultural Engineering*. Zagreb, pp.517-526.
- Rossini, F., Provenzano, M., Kuzmanovic L., Ruggeri, R. 2019. Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): A Versatile and Sustainable Crop for Renewable Energy Production in Europe. *Agronomy* **9** (9), 528.
- Slimestad, R., Seljaasen, R., Meijer K., Skar, S. 2010. Norwegian-grown Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): morphology and content of sugars and fructo-oligosaccha-



- rides in stems and tubers. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **90** (6), 956–964.
- Yang, L., He, Q., Corcadden, K., Chibuike C. Udenigwe, C. 2015. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production. *Biotechnology Reports* **5** (1), 77–88.
- Žaldarienė, S., Kulaitienė, J., Černiauskienė, J. 2012. The quality comparison of different Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) cultivars tubers. *Žemės ūkio mokslai* **19** (4), 268–272.

# Kartulitaimed katseklaasis ja ootamatu elektrikatkestus

Katrin Kotkas, Liisa Kübarsepp

Eesti Taimakasvatuse Instituut taimebiotehnoloogia osakond

**Abstract.** Kotkas, K., Kübarsepp, L. 2020. Potato plants *in vitro* and unpredictable power-failure – Agronomy 2020.

The optimal long-term preservation conditions for *in vitro* plants are well determined. However, the information about plant survival in extreme events is scarce. The aim of this study was to evaluate the survival of potato *in vitro* plants at unfavorable conditions e.g. in case of an unexpected power failure, which would mean the plants normally preserved at low light conditions and 4–6°C would need to survive in darkness and with room temperature 16–18 °C. Plants of seven potato varieties were used for this experiment. All plants were regenerated from micro-cuttings and grown in optimal conditions for 2 weeks prior to the test treatment. Measurements of plant height and stem nodes were taken before submitting the plants to the test conditions. At the end of the test-period of 2 months, the plants were divided into 3 categories based on their vigor (mostly green leaves, survived – with some green leaves, dried). It was apparent that the survival rate was relatively high taken into consideration the long period of extreme storing conditions. Depending on the variety only 8–33% of the plants were completely dried, 26–37% had some green leaves and 37–57% of the plants were still green. Data analysis revealed a significant difference between the plant heights and a correlation between node development and height. Difference in survival of plants was apparent for some varieties, the survival rate of variety 'Varajane kollane' plants compared to variety 'Väike verev' plants was significantly higher. However, no correlations between plant height and survival rate were apparent. Therefore, other physiological characteristics must determine the survival of different potato varieties in darkness. In conclusion, we determined that in case of extreme events, potato *in vitro* plants can survive for a long time in unfavorable storing conditions, given that they have been grown in optimal growing conditions prior to storing.

**Keywords:** potato plants, *in vitro*, electricity, survival

## Sissejuhatus

*In vitro* kasvatatakse kartulitaimi põhiliselt 3 viisil: 1) tingimustes, kus taimede kasv on jätkuv; 2) tingimustes, kus kasv on aeglustunud; 3) tingimustes, kus kasv on teatud perioodiks peatunud (Maxted *et al.*, 1997).

Enim on *in vitro* taimede kasvatamisel levinud teine variant – kasvatamine aeglustatud kasvu tingimustes. Taimede aeglustunud kasvu tingimustes kasvatamise eelised on: kaitsus kliimaatiliste mõjude ja muude ohtude eest, kontrollitud valgus- ja temperatuuritingimused, võimalus vastavalt vajadusele uusi taimi paljundada seemnekasvatuse, sordiaretuse või teadustöö eesmärgil. Selline kasvatamine on eriti sobiv nn aktiivsete ehk töökollektsioonide säilitamiseks. Puudusteks võib olla vajadus spetsiaalsete seadmete ja vahendite järele, samuti sortide morfoloogiliste tunnuste süsteemne teatud perioodi järgne jälgimine põldkollektsioonis (Kotkas, 2003).

*In vitro* tingimustes sõltub taimede kasv ja areng komplekselt järgmistest teguritest:

1. taimeliigi geneetiline eripära;
2. toitesegu komponendid (makro- ja mikroelemendid, süsivesikud, vitamiinid, kasvuregulaatorid, agar jne);
3. füüsikalised tegurid (valgustugevus, temperatuur, päeva pikkus).

Taimede kasvu *in vitro* on võimalik aeglustada toitesegu koostise muutmise, kasvu pidurdavate ainete kasutamise ja temperatuuri alandamisega. Seejuures on kasvu aeglustamisel paremaid tulemusi saadud nimetatud võtete kombineerimisel (Withers, 1994).

ETKI taimebiotehnoloogia osakonnas paljundatakse kartulitaimi katseklaasis järgnevalt: esialgu toimub mikropistikutest taimede regenereerumine taimede optimaalse kasvu tingimustes: temperatuur 22–24 °C, valgustugevus 2400 luksit ja päeva pikkus 16 tundi. Keskmiselt kahe nädala järel pannakse taimed pikaajaliseks säilitamiseks ruumi, kus temperatuur on kogu ööpäeva jooksul 4–6 °C, valgustugevus 1200 luksit ja päeva pikkus 16 tundi.

Katseklaasis on taimede kasvuks loodud optimaalsed kasvu- ja säilitustingimused. Kuidas aga peavad taimed vastu ootamatu elektrikatkestuse korral?

Antud uurimuse eesmärk oli hinnata taimede taluvusvõimet pimedas suletud ruumis, temperatuur püsivalt 16–18 °C ja suhteline õhuniiskuse 50–60%. Eesmärgiks oli selgitada kui kaua on võimalik taimi sellistes tingimustes säilitada, et neid saaks veel uuesti paljundada ja kasvatada.

## Materjal ja meetodika

Katse korraldati ETKI taimebiotehnoloogia osakonna laboratooriumis 2014–2015. Taimi kasvatati kartulitaimede paljundamise toitesegul. Katsete läbiviimiseks vajaliku koguse taimede paljundamisel valiti *in vitro* geenipangas säilitatavate sortide meristeemtaimede hulgast ühtlase suuruse ja lehega mikropistikud. Sellise valiku eesmärk oli vähendada mikropistikute erinevast suurusest või punga arengufaasist tingitud taimede regeneratsiooni varieeruvust.

Pimedasse viidi 7 sorti ('Maret', 'Laura', 'Väike verev', 'Teele', 'Varajane kollane', 'Ants', 'Anti') mikropistikutes paljundatud ning enne pimedasse viimist optimaalsetes taimede kasvutingimustes fütotronis 2 nädalat kasvanud taimed, igast variandist a<sup>25</sup>, kokku 175 taime. Võrdluseks jäeti igast sordist a<sup>25</sup> taime ka fütotroni edasi kasvama tingimustel: temperatuur 22–24 °C, valgustugevus 2400 luksit ja päeva pikkus 16 tundi. Kõik kokku 350 taime.

Taimi hinnati enne pimedasse viimist ja edasi visuaalselt iga 2 nädala järel kuni katse lõpuni. Enne pimedasse viimist mõõdeti taimede kõrgus ja loendati sõlmevahed:

- taimede kõrgus – pikkus cm-tes toitesegule kultiveeritud mikropistiku lehekaenlast varre tipuni;

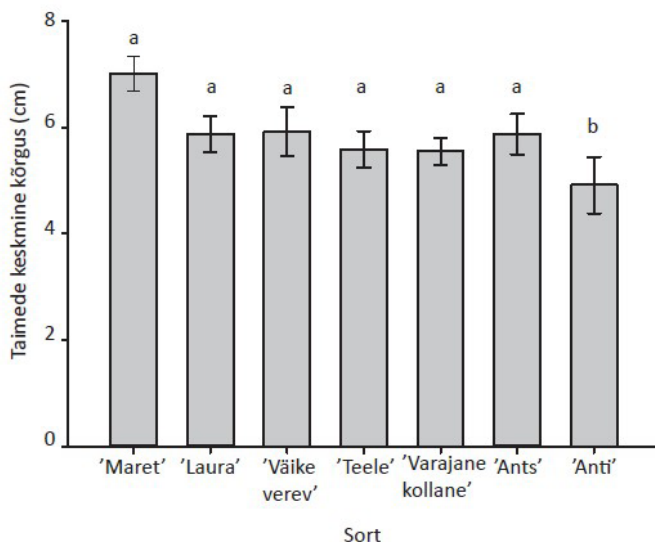
- sõlmevahede arv – s.o lehealgega varrelõikude arv taimel, mida saab kasutada taimede edasisel paljundamisel (varrelõigu pikkus kahe lehealge vahel vähemalt 5 mm).

Kaks kuud pärast pimedasse viimist hinnati iga sordi taimede seisukorda ja väljendati protsentuaalselt säilitamisele allutatud taimede hulgast. Hindamisel grupeeriti taimed järgnevalt: variant A - taimedel varte osas rohelised lehealged, tipuosa kuivanud; B - üksikud väikesed rohelised lehealged; C - taimed kuivanud ja uusi taimi ei regenereerinud.

**Katseandmete analüüs:** Taimede kõrguste võrdlemiseks sortide lõikes viidi läbi ühefaktoriline dispersioonanalüüs (ANOVA), lisaks kasutati sortide paariviihiliseks võrdlemiseks Tukey test. Taimede kõrguse ja sõlmevahede arvu vahelise korrelatsiooni kirjeldamiseks leiti Pearsoni korrelatsioonikordaja ( $r$ ). Sortide ellujäämise edukuse võrdlemiseks kasutati  $\chi^2$  – teste (koos Bonferroni korrektsiooniga). Andmete töötlemiseks kasutati tarkvara SigmaPlot 11.0.

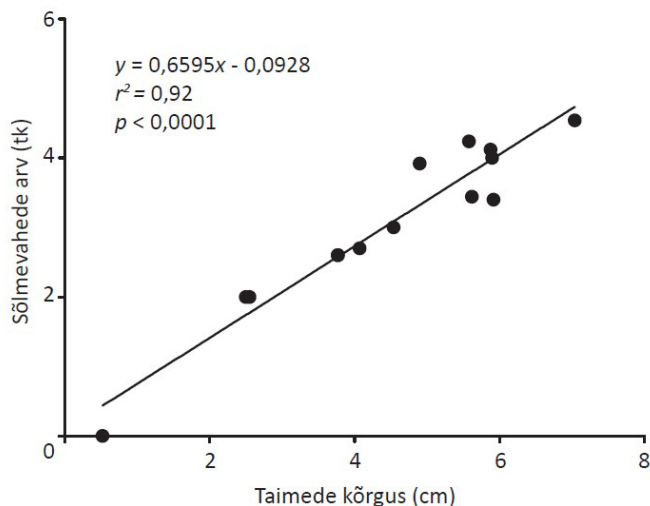
## Tulemused ja arutelu

Sortide võrdlusena olid kõrgemad taimed sordil 'Maret' ja sordil 'Ants' (joonis 1). Ühefaktoriline dispersioonanalüüs näitas, et olenevalt sordist olid taimed statistiliselt olulisel määral erineva pikkusega ( $F_{(6,77)} = 2,672, p = 0,02$ ), kuid täpsemal sortide võrdlusel Tukey *post-hoc* testi abil ilmnis, et omavahel olulisel määral erinesid ainult sordid 'Maret' (keskmine 7,0 cm) ja 'Anti' (4,9 cm). Ka meie varajasemates katsetes erinevate kartulisortide meristeemtaimedega selgus, et sõltumata toitesegu koostisest või taimede kasvutingimustest on 'Maret' ja 'Ants' võrreldes teiste uuritud sortidega alati kasvult kõrgemad. Sordi 'Anti' taimed on tüüpiliselt madalamad ja kompaktsed (Kotkas, 2004).



**Joonis 1.** Kartulitaimede keskmine kõrgus sortide lõikes. Statistiliselt olulisel määral erineb kõrgus ainult sortide 'Maret' ja 'Anti' võrdluses (Tukey *post-hoc* test  $p = ,005$ ).

Sortide lõikes kujunes keskmisena enim sõlmevahesid sordi 'Maret' taimedel (keskmiselt 4,5 tk taime kohta). Sordi 'Anti' korral olid taimed keskmisena kõige madalamad, kuid sõlmevahede arv oli suhteliselt sarnane sordi 'Ants' taimede sõlmevahede arvuga (3,9 tk taime kohta). Regressioonianalüüsil ilmnes ka positiivne seos taimede kõrguse ja sõlmevahede arvu vahel, s.o mida kõrgemad taimed, seda rohkem arenes ka sõlmevahesid (joonis 2).



**Joonis 2.** Kartulitaimede sõlmevahede arv sõltuvalt taime kõrgusest.

Taimede areng sõltub valgusest. Valguse mõjul toimuvaid taime arengu ja kasvu muutusi nimetatakse fotomorfogeneesiks. Taimealged võivad läbi teha põhimõtteliselt kaks võimalikku arenguteed sõltuvalt sellest, kas nad on kasvanud pimedas või valguse käes. Pimedas taimed etioleeruvad, s.t klorofüll ei moodustu ja nende energia kulub võrse kiireks piknemiseks.

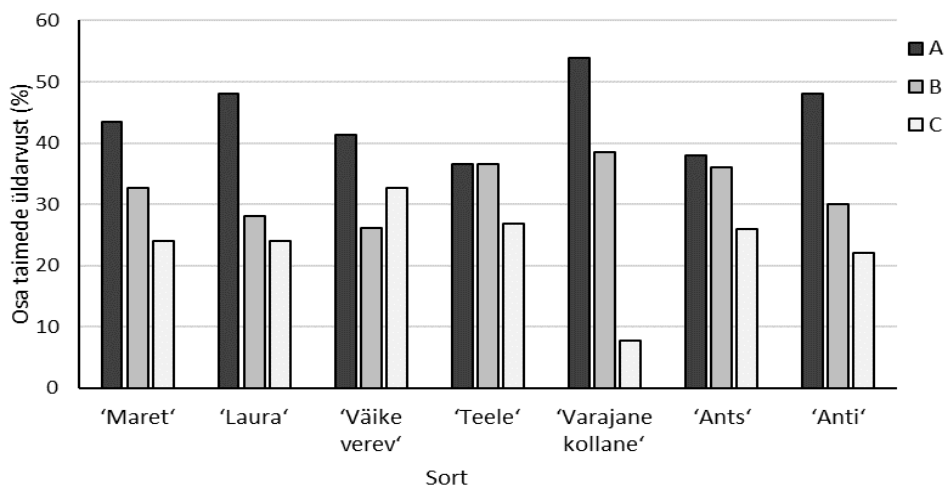
Erinevad taimeliigid, sordid ja kloonid reageerivad ümbritseva keskkonna suhtes erinevalt. Kartuli koekultuuri-alastes uurimustes on kirjeldatud nii sortide vastupidavust kui ka vastuvõtlikkust erinevatele kasvutingimustele. Sortide erinevat käitumist on täheldatud taimede *in vitro* paljundamisel kui säilitamisel (Bitenc-Korinsek *et al.*, 1994).

Võrsete ellujäämine oli ebarahuldav juhul, kui nad allutati säilitusrežiimile vahetult pärast toitesegule istutamist. Üldiselt soovitatakse viia kultuurid madala temperatuuri tingimustesse alles 1–2 nädalat pärast nende toitesegule kultiveerimist (Janeiro *et al.*, 1995).

Taimede *in vitro* kasvatamisel on füüsikaliste tegurite mõju samasugune kui taimede *in vivo* kasvatamisel, mõjutades taimede eluprotsesse, nagu vee omastamist, hingamist, fotosünteesi, jne. Valgus- ja temperatuuritingimuste valikul on otsustavaks järgida tingimusi, mis on optimaalsed antud taimeliigi *in vivo* kasvamisel. Paljude koekultuuride kasvatamisel on vajalik valgus- ja pimedusperioodi vaheldumine, mis soodustab külgvõrsete moodustumist (Pierik, 1987).

Katse tulemusel ilmnes, et taimede kõrgus ei olnud oluline tegur säilimise edukuse juures. Sortide 'Maret' ja 'Anti' taimed olid küll oluliselt erineva kõrgusega, aga see ei toonud kaasa erinevust säilimise juures ekstreemsetel tingimustel ( $\chi^2$  (df = 2, N = 96) = 0,197;  $p > 0,05$ ).

Sortide võrdlemisel ilmnes statistiliselt oluline erinevus ( $\chi^2$  (df = 2, N = 85) = 7,911;  $p = 0,019$ ) ainult sortide 'Väike verev' ja 'Varajane kollane' säilimisel ekstreemsetes tingimustes (joonis 3).



**Joonis 3.** Katseklaasitaimed pärast kahte kuud pimedas säilitamist.  $\chi^2$  testi tulemusel ilmneb oluline erinevus ainult sortide 'Väike verev' ja 'Varajane kollane' taimede vahel. Sordi 'Varajane kollane' taimed on võrreldes sordi 'Väike verev' taimedega, oluliselt paremini säilinud. A - taimedel varte osas rohelised lehealged, tipuosa kuivanud; B - üksikud väikesed rohelised lehealged; C - taimed kuivanud ja uusi taimi ei regenereerinud.

Katseklaasitaimed suudavad kasvada päevavalgusest umbes 10 korda madalama valgustugevuse käes, millel võib isegi olla erinev spektrikoostis. Võrsetippude lõikude *in vitro* paljundamise katsetest paljude erinevate taimeliikidega leidis T. Murashige (1974), et optimaalne valgustugevus paljunemise algul ja hoogsa paljunemise faasis võiks olla 1000 luksit (ca 14–15  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) kas Gro-Lux® või valgete päevavalguslampide korral. Paljudes laborites on leitud, et summaarne kiirus 30–40  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  on taimede *in vitro* kasvuks piisav.

Madalama summaarse kiirguse korral võivad mikrovõrsel areneda kahvatu-rohelised etioleerunud lehed. Enamlevinud kartulitaimede kasvatusruumi valgus on fluoroentsvalgus, s.o külma valge valguse tüüp ning valgustugevus 2000–3000 luksit (Kozai *et al.*, 1995).

## Kokkuvõte

Uurimistöö tulemusena saadi olulist teavet selle kohta kuidas reageerivad *in vitro* taimed ootamatu elektrikatkestuse või muu katastroofi korral. Käesoleva ajani sellised andmed kirjanduses puudusid. Uurimistöö tulemused kinnitavad, et kartulitaimed *in vitro* on võimelised pikemaajaliselt üle elama ootamatuid ekstreemseid tingimusi pikema aja vältel.

Oluline praktiline tulemus on see, et kartuli *in vitro* taimed on piisavalt vastupidavad ekstreemsetes tingimustes ja säilitavad elujõu ning optimaalsete tingimuste taastudes taastub ka taimede edasine areng. Taimede areng jätkus igast väiksemastki rohelisest lehealgest või pungast lehekaenlas.

## Tänuavaldused

Uurimistööd toetas MEM projekt “Põllumajanduskultuuride geneetilise ressursi kogumine ja säilitamine aastateks 2014–2020”.

## Kasutatud kirjandus

- Bitenc-Korinsek, B., Dolnicar, P., Komatar, E. 1994. Tuberization ‘*in vitro*’ of potatoes. Proceedings of the Symposium on New Challenges in Field Crop Production. Ljubljana, Slovenia, pp. 147–152.
- Janeiro, L.V., Vieitez, A.M., Ballester, A. 1995. Cold storage of wild cherry, chestnut and oak. – *Annales des Sciences Forestieres* **52**, 287–293.
- Kotkas, K. 2003. Söötme koostise ja säilitustingimuste mõju kartulisortide meristeemtaimedena säilitamisel *in vitro* ja järelmõju põllul. – *Väitekiri*, Tartu, 108 lk.
- Kotkas, K. 2004. Influence of culture medium composition on *in vitro* preservation of potato varieties by means of meristemplants. – *Proceedings of the EAPR Agronomy section meeting*, Brasov, pp. 97–108.
- Kozai, T., Watanabe, K., Jeong, B.R. 1995. Stem elongation and growth of *Solanum tuberosum* L. *in vitro* response to photosynthetic photon flux, photoperiod and difference in photoperiod and difference in photoperiod and dark period temperatures. – *Scientia Horticulturae* **64**(1–2), 1–9.
- Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V., Hawkes, J.G. 1997. Complementary conservation strategies. In: Maxted, N., Ford-Lloyd, B. V., Hawkes, J. G. (ed). – *Plant Genetic Conservation; in situ Approach*, Chapman & Hall, London, pp. 15–39.
- Murashige, T. 1974. Plant propagation through tissue cultures. – *Annual Review of Plant Physiology* **25**, 135–166.
- Pierik, R.L.M. 1987. *In Vitro* culture of higher plants. – *Martinus Nijhoff Publishers*, Dordrecht, Netherlands, 344 p.
- Withers, L.A. 1994. New technologies for the conservation of plant genetic resources. – *Proceedings of the International Crop Science Congress. Crop Science Society of America*. Ames, USA, pp. 429–435.

# Punase ristiku kasvatamise mõju mulla mikroobide aktiivsusele ja orgaanilise süsiniku sisaldusele erinevates viljelusviisides

Jaan Kuht, Viacheslav Ereemeev, Maarika Alaru, Anne Luik, Liina Talgre

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

**Abstract.** Kuht, J., Ereemeev, V., Alaru, M., Luik, A., Talgre, L. 2020. The effect of red clover cultivation on the activity of soil microbes and the content of organic carbon in different farming systems. – Agronomy 2020.

The experiments were carried out at the Eerika test site of Rõhu experimental station of Institute of agricultural and environmental sciences, Estonian University of Life Sciences during 2014–2017. There were 3 crops in rotation: barley undersown with red clover, red clover and winter wheat. There were 5 cultivation systems in the experimental set-up (two conventional systems with chemical plant protection and mineral fertilizers, 3 organic systems which included winter cover crops and farm manure). The aim of the present research was to study the effect of cultivating the red clover and winter wheat on the soil microbial activity and the change in the content of organic carbon (Corg). Our results indicated that the cultivation of barley undersown with red clover had a positive impact on the content of soil microorganisms, by increasing their hydrolytic activity. The soil parameters in the soil of conventional fields (without fertilizers) after the cultivation of barley undersown with red clover were lower by 16.7%, compared to the soil in organic systems. After the cultivation of red clover the variation decreased by half (to 7.7%) and even more after the cultivation of wheat (to 6.9%). Therefore the cultivation of red clover enables to reduce the negative effect of pesticides on the microorganisms. Similar trend occurred concerning the Corg content, with the exception that on the winter wheat plot following red clover it increased again.

**Keywords:** cropping systems, organic farming, barley, soil microbial activity, soil organic carbon

## Sissejuhatus

Punane ristik on teada ja tuntud kui õhulämmastikku siduv ja mulda taimedele omastatava lämmastikuga rikastav põllukultuur. Ristikul on positiivne toime mulla füüsikalistele omadustele ja mulla keemilistele parameetritele (Russell, 1971; Christensen, 1996). Carter ja Kunelius (1993) leidsid, et oder koos allakülvatud ristikuga suurendas kogu juurte massi mullas 6–11 korda, võrreldes ainult odraga ja samas parandas ka mulla struktuuri. Skudiene ja Tomchuk (2015) leidsid, et järgneva aasta punase ristiku juurte mass suurenes võrreldes eelneva aasta juurte massiga kuni 6,5 korda ja maapealne mass kuni 4 korda. Pärast ristiku mulda kündmist oleneb taimejäänuste lagunemine ja toitainete vabanemine (sealhulgas ka süsinik) juba mullamikroobide tegevusest. Seepärast pööratakse suurt tähelepanu ka mulla bioloogilistele näitajatele (sh. mikroobne ja ensümaatiline aktiivsus mullas). Üheks levinud viisiks mulla mikroorganismide kvantitatiivsete parameetrite hindamiseks on fluorestseini diatsetaadi hüdrolüüsi määramine (Fontvieille *et al.*, 1992), mis on leidnud laialdast kasutamist (Söderström, 1977; 1979). Võrreldes mulla füüsikalise-keemiliste



parameetritega, on mulla mikroobide aktiivsus muutuste suhtes oluliselt tundlikum (Oldare *et al.*, 2008; Oldare *et al.*, 2011).

Varasemalt on meil veel uuritud erinevate kultuuride kasvualade mulla bioloogiliste ja agrokeemiliste näitajate (mulla mikroobide aktiivsus, Corg, Ntot, jt) muutumist mahe ja tavaviljeluses talinisul (Eremeev *et al.*, 2019a), kartulil (Eremeev *et al.*, 2019b; 2020), odra alla külvatud punasel ristikul (Kuht *et al.*, 2018; 2019a; 2019b) ning punasel ristikul (Kuht *et al.*, 2019c). Kõik need uurimused on kinnitanud maheviljeluses kasutatud meetmete eeliseid tavaviljeluse ees.

Ei ole veel täielikult selge, mis ja kuidas mõjutab mikroobide aktiivsust ja mulla orgaanilise süsiniku (Corg) sisaldust tava- ja maheviljelussüsteemides. Käesolev uurimistöö püüab selgitada neid teemasid punase ristiku allakülvi, ristiku ja talinisul kasvualade mulla näitajate põhjal.

## Materjal ja meetodika

Eesti Maaülikooli Rõhu Katsejaama katsepõllule Eerikal rajati 2008. a. viieväljaline tava- ja maheviljeluse külvikord, järgnevusega - punane ristik, talinisu, hernes, kartul ja oder punase ristiku allakülviga. Katseala mullastik oli näivleetunud (Stagnic Luvisol WRB 2002 klassifikatsiooni järgi, Deckers *et al.*, 2002), lõimisel kerge liivsavi huumuskihi tusedusega 20–30 cm (Reintam ja Köster, 2006).

Katsed rajati neljas korduses, katselappide suurus oli 60 m<sup>2</sup>. Käesolevas töös kasutatakse perioodil 2014–2018. a kogutud andmestikku. Uurimise all oli odra (sort 'Anni') alla külvatud punase ristiku (sort 'Varte') ja sellele järgnevate punase ristiku ning talinisul (sort 'Fredis') kasvualade mulla mikroobide aktiivsus (MMA) ja orgaanilise süsiniku (Corg) sisaldus. Kultuure kasvatati kahes erinevas viljelussüsteemis: traditsiooniline (Tava), milles kasutati mineraalväetisi (Tava I) ja keemilisi taimkaitsevahendeid (Tava 0 ja Tava I) ja mahe, milles kasutati haljasväetist kas talvise vahekultuuri või punase ristiku näol ning komposteeritud laudasõnnikut.

Tavaviljeluse süsteemis Tava 0 ei väetatud, kuid tehti keemilist taimekaitset. Tavasüsteemis Tava I anti allakülviga odra ja talinisul aladele ühesugune kogus fosforit (P 25 kg ha<sup>-1</sup>) ja kaaliumit (K 95 kg ha<sup>-1</sup>) ja väetati lämmastikuga (oder allakülviga N 120 kg ha<sup>-1</sup> ja talinisu N 150 kg ha<sup>-1</sup>). Mõlemas tavasüsteemis kasutati odra (ak) eelvilja (kartul) koristamise aasta sügisel glüfosaati sisaldavat Roundup Flexi normiga 3,0 l ha<sup>-1</sup> ja kasvuajal MCPA-750 normiga 1,0 l ha<sup>-1</sup>, nisu umbrohutõrjeks kasutati Sekator WG normiga 0,15 l ha<sup>-1</sup>. Seenhaiguste tõrjeks odral ja talinisul kasutati ka fungitsiide.

Maheviljeluses oli kolm erinevat süsteemi – talvise vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0), mis järgib ainult külvikorda; talvise vahekultuuridega viljelussüsteem (Mahe I) ning süsteem Mahe II, kus kasvatati talviseid vahekultuure ja lisaks anti kevadel teraviljadele 10 ja kartulile 20 t ha<sup>-1</sup> komposteeritud veisesõnnikut. Mahesüsteemides Mahe I ja Mahe II külvati kohe pärast kartuli koristust talviseks vahekultuuriks (enne ristiku allakülviga otra) talirukis, mis künti kevadel mulda.

Mulla mikroobide aktiivsust mullas määrati fluorestseiini diatsetaadi hüdrolüüsi kaudu (Schnürer, Rosswall, 1982). Selleks võeti 5–10 cm sügavuselt 500g

mullaproovid vastavalt ISO 10381-6 (1993) meetodikale ja sõeluti läbi 2 mm sõela (Reeuwijk, 2002). Reagentide ettevalmistamine järgneva MMA analüüsi jaoks toimus vastavalt Adam, Duncan (2001) kirjeldatud meetodil. Mulla orgaanilise süsiniku (Corg) määramine toimus Tjurini meetodi alusel (Vorobyova, 1998).

Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi. Kultuuride vaheliste erinevuste võrdluseks kasutati Fisher LSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ).

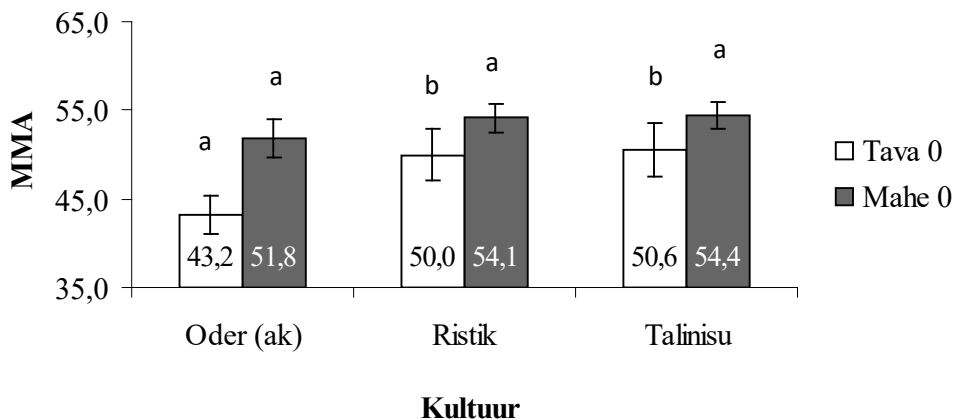
## Tulemused ja arutelu

Käesolevas töös vaadeldavad põllukultuurid moodustavad klassikalise viieväljalise külvikorra ühe lüli, mille mõju mulla viljakusele võib jagada kaheks: odra alla külvatud punane ristik ühes sellele järgneva ristiku taimeistikuga on viljakust parandav, kuid neile järgnev talinisu on viljakuse kasvu tarbiv kultuur. Kuivõrd väetamata variandid Tava 0 ja Mahe 0 erinesid teineteisest vaid selle poolest, et neist esimeses kasutati keemilisi taimekaitsevahendeid, teises aga mitte, siis selleks, et selgitada välja nende mõju uuritavatele näitajatele (MMA ja Corg) on Tava 0 ja Mahe 0 tulemused parema selguse huvides toodud Tava I ning Mahe I ja II aladest eraldi joonistel.

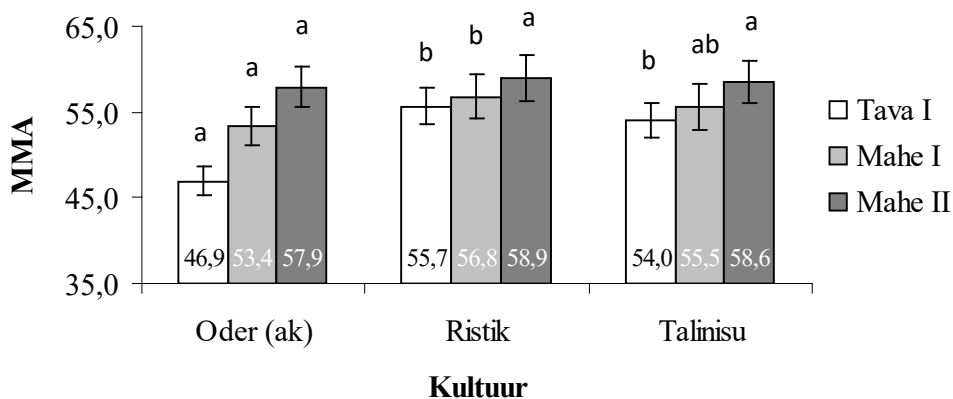
### Mulla mikroobide aktiivsus

Punase ristiku kasvatamine tõstis aastate keskmisena mulla mikroobide aktiivsust kõikides viljelussüsteemides (joonised 1 ja 2). Keemilise taimekaitsega tavaviljeluse (Tava 0) mullas olid MMA näitajad ristiku allakülviga odra järgselt 16,7% võrra madalamad võrreldes Mahe 0 mullaga (joonis 1). Pärast punase ristiku sissekännile järgneval kevadel võetud proovides vähenes aga see erinevus ligi poole võrra ning pärast talinisu vähenes see veelgi, 6,9% -ni. Madsen *et al.* (2016) täheldasid, et pesitiidid suruvad alla mulla mikroobide aktiivsust ja glüfosaat võib koguneda looduslikku keskkonda ning olla toksiline mitte ainult taimedele, vaid ka loomadele ja bakteritele (Sviridov *et al.*, 2015). Ilmselt vähendas punase ristiku kasvatamine Tava 0 variandis taimekaitsevahendite (peamiselt glüfosaadi) kahjulikku toimet MMA-le.

Tava I süsteemis jäid mulla mikroobide aktiivsuse näitajad Mahe I ja Mahe II süsteemidest maha 12,0–12,6% võrra (joonis 2). Seega Tava I alade mineraalväetiste foonil väiksema mulda tagastavate taimejäänuste hulgaga ei suutnud võrreldes Tava 0-ga nimetamisäärselt parandada MMA näitajaid – vahe vähenemine võrdluses mahevariantidega vaid 4,1–4,6%. Pärast ristiku sissekündi võetud proovides mulla mikroobide aktiivsus suurenes Tava I variandis märgatavalt, 10,2% võrra, võrreldes sellele eelneva allakülviga. Punase ristiku foonil oli vahekultuuride ja laudasõnniku järeelmõju variandiga Mahe II MMA võrreldes Tava I variandiga vaid 5,5% võrra suurem ja näitab ristiku võimet tõsta mulla mikroobide aktiivsust ka tavaviljeluses.



**Joonis 1.** Mulla mikroobne aktiivsus ( $\mu\text{g}$  fluoreststeiini  $\text{g}^{-1}$  kuiva mulla kohta  $\text{h}^{-1}$ ) väetamata ristiku ja talinisu kasvualade mullas 2014–2018 aastate keskmisena. Erinevad tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust põllukultuuride vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad viljelusviiside vahelist standarddiga.

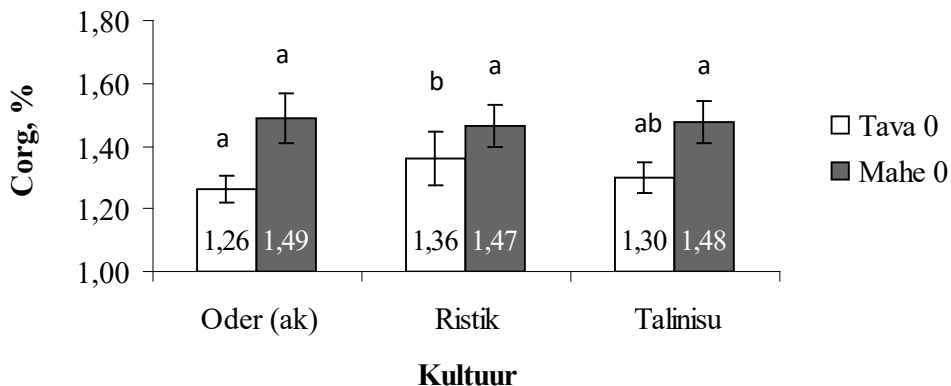


**Joonis 2.** Mulla mikroobne aktiivsus ( $\mu\text{g}$  fluoreststeiini  $\text{g}^{-1}$  kuiva mulla kohta  $\text{h}^{-1}$ ) väetatud ristiku ja talinisu kasvualade mullas 2014–2018 aastate keskmisena. Erinevad tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust põllukultuuride vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad viljelusviiside vahelist standarddiga.

Talinisu mullas aga suurenes see vahe Tava I ja Mahe II vahel jälle, kuni 7,7%-ni, Tava I MMA näitajate halvenemise tõttu. Selle põhjuseks võib olla Roundup Flexiga tehtud talinisu koristusjärgne umbrohutõrje, milles sisalduvad ained vähendavad mulla mikroobide tegevust süsiniku vabastamisel. Mulla bioloogiliste protsesside pärssimisel väheneb orgaaniliste ainete lagunemine ja seejärel toitainete eraldumine (Thornton *et al.*, 2010).

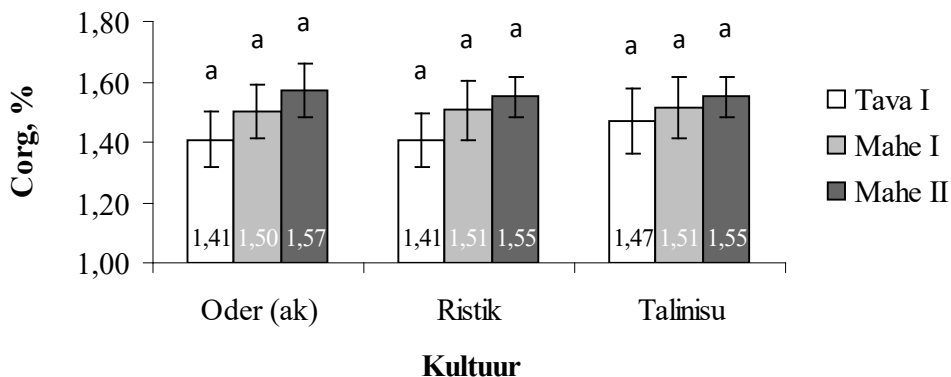
### Mulla orgaanilise süsiniku sisaldus

Tava 0 süsteemi mullas olid Corg näitajad madalamad võrreldes Mahe 0 süsteemi mullaga (joonis 3). Ristiku kasvatamine tõstis usutavalt Tava 0 ala Corg sisaldust, kuid selle vähenemise tendents talinisu kasvujärgses mullas näitab punase ristiku positiivse toime mõningast vähenemist (joonis 3).



**Joonis 3.** Mulla orgaanilise süsiniku sisaldus (Corg, %) väetamata ristiku ja talinisu kasvualade mullas 2014–2018 aastate keskmisena. Erinevad tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust põllukultuuride vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad viljelusviiside vahelist standardviga.

Tava I, Mahe I ja Mahe II alade mulla Corg sisalduses usutavaid erinevusi ei olnud (joonis 4).



**Joonis 4.** Mulla orgaanilise süsiniku sisaldus (Corg, %) väetatud ristiku ja talinisu kasvualade mullas 2014–2018 aastate keskmisena. Erinevad tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust põllukultuuride vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad viljelusviiside vahelist standardviga.

## Kokkuvõte

Uurimistulemustest selgus, et punase ristiku kasvatamine külvikorras avaldab soodsat mõju mikroorganismidele, tõstes mullamikroobide aktiivsust. Pestitsiididega töödeldud tavaviljelussüsteemides oli mulla mikroobide aktiivsus ja orgaanilise süsiniku sisaldus võrreldes maheüsteemidega madalam.

## Tänuavaldused

Uurimistöö on valminud ERA-NET Core organic projekti FertilCrop ja Eesti Maaülikooli projekti P180273PKTT toel.

## Kasutatud kirjandus

- Adam, D., Duncan, H. 2001. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbiological activity using fluorescein diacetate (FDA) in range of soils. – *Soil Biology and Biochemistry* **33**, 943–951.
- Carter, M.R., Kunelius, H.T. 1993. Effect of undersowing barley with annual ryegrasses or red clover on soil structure in a barley-soybean rotation. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* **43**, 245–254.
- Christensen, B.T. 1996. Matching measurable soil organic matter fractions with conceptual pools in simulation models of carbon turnover: Revision of model structure. In: Powlson, D.S., Smith, P., Smith, J.U. (eds.). – *Evaluation of Soil Organic Matter Models* Springer: Berlin, Germany, pp. 143–159.
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources in a nutshell. In: Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (eds.): – *Soil Classification 2001. European Soil Bureau Research Report* No. 7, EUR 20398 EN: 173–181.
- Eremeev, V., Kuht, J., Talgre, L., Alaru, M., Madsen, H., Loit, E., Luik, A. 2019a. Talinisu kasvuala mulla orgaanilise süsiniku, mikroobide aktiivsuse ja lämmastiku sisaldus erinevates viljelussüsteemides. Metspalu, L., Luik, A. (Toim.). – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Tartu: SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, lk. 15–21.
- Eremeev, V., Kuht, J., Tein, B., Talgre, L., Alaru, M., Runno-Paurson, E., Mäeorg, E., Loit, E., Luik, A. 2019b. Kartuli kasvatamise mõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele ja orgaanilise süsiniku ning lämmastiku sisaldusele erinevates viljelusviisides. Tupits, I., Tamm, S., Tamm, Ü., Toe, A. (Toim.). – *Agronomiam 2019* lk. 29–36.
- Eremeev, V., Talgre, L., Kuht, J., Mäeorg, E., Esmaeilzadeh-Salestani, K., Alaru, M., Loit, E., Runno-Paurson, E., Luik, A. 2020. The soil microbial hydrolytic activity, content of nitrogen and organic carbon were enhanced by organic farming management using cover crops and composts in potato cultivation. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science* **70** (1), 87–94.
- Fontvieille, D.A., Outaguerouine, A., Thevenot, D.R. 1992. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of microbial activity in aquatic systems: Application to activated sludges. – *Environmental Technology* **13**, 531–540.
- ISO 10381-6, 1993. Soil quality- Sampling. Guidance on the collection, handling and storage of soil for the assessment of aerobic microbial processes in laboratory. – *International Organization for Standardization*, Geneva, Switzerland.

- Kuht, J., Alaru, M., Ereemeev, V., Talgre, L., Loit, E., Luik, A. 2018. Muutused mulla mikroobide hüdroolüütilises aktiivsuses ja orgaanilise süsiniku sisalduses punase ristiku allakülviga odra kasvatamisel. Alaru, M. (Toim.). – *Agronoomia* 2018 lk. 8–14.
- Kuht, J., Ereemeev, V., Talgre, L., Alaru, M., Loit, E., Maeorg, E., Esmaeilzadeh-Salestani, K., Luik, A. 2019a. Changes in the soil microbial hydrolytic activity and the content of organic carbon and total nitrogen by growing spring barley undersown with red clover in different farming systems. – *Agriculture*, **9** (7).
- Kuht, J., Ereemeev, V., Alaru, M., Talgre, L., Loit, E., Luik, A. 2019b. Muutused mulla mikroobide hüdroolüütilises aktiivsuses ja lämmastiku sisalduses punase ristiku allakülviga odra kasvatamisel. Tupits, I., Tamm, S., Tamm, Ü., Toe, A. (Toim.). – *Agronoomia* 2019 lk. 22–28.
- Kuht, J., Ereemeev, V., Talgre, L., Alaru, M., Loit, E., Luik, A. 2019c. Punase ristiku mõju mulla orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisaldusele ning mikroobide aktiivsusele mahe- ja tavaviljeluses. Metspalu, L., Luik, A. (Toim.). – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Tartu: SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, lk. 64–69.
- Madsen, H., Talgre, L., Ereemeev, V., Luik, A. 2016. Pestitsiidid suruvad alla mulla mikroobide hüdroolüütilist aktiivsust. Metspalu, L., Jõgar, K., Veromann, E., Mänd, M. (Toim.). – *Eesti Taimekaitse* 95, Ecoprint AS, lk 79–82.
- Oldare, M., Pell, M., Svensson, K. 2008. Changes in soil chemical and microbiological properties, during 4 years of application of various organic residues. – *Waste Management* **28**, 1246–1253.
- Oldare, M., Arthurson, V., Pell, M., Svensson, K., Nehrenheim, E., Abubaker, J. 2011. Land application of organic waste. Effects on the soil ecosystem. – *Applied Energy* **88**, 2210–2218.
- Reeuwijk, L.P. van. 2002 (ed.). Procedures for soil analysis. (6th ed). *Tech. Pap. 9*, ISRIC, Wageningen.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* **136** (1), 99–209.
- Russell, E.W. 1971. Soil structure: Its maintenance and improvement. – *Journal of Soil Science* **22** (2), 137–150.
- Schnürer, J., Rosswall, T. 1982. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. – *Applied and Environmental Microbiology* **43** (6), 1256–1261.
- Skudiene, R., Tomchuk, D. 2015. Root mass and root to shoot ratio of different perennial forage plants under western Lithuania climatic conditions. – *Romanian agricultural research* **35**, 209–219.
- Sviridov, A.V., Shushkova, T.V., Ermakova, I.T., Ivanova, E.V., Epiktetov, D.O., Leontievsky, A.A. 2015. Microbial degradation of glyphosate herbicides (Review). – *Applied Biochemistry and Microbiology* **51** (2), 183–190.
- Söderström, B.E. 1977. Vital staining of fungi in pure culture and in soil with fluorescein diacetate. – *Soil Biology and Biochemistry* **9**, 59–63.
- Söderström, B.E. 1979. Some problems in assessing the fluorescein diacetate-active fungal biomass in the soil. – *Soil Biology and Biochemistry* **11**, 147–148.
- Thornton, M., Miller, J., Hutchinson, P., Alvarez, J.M. 2010. Response of potatoes to soil-applied insecticides, fungicides, and herbicides. – *Potato Research* **53**, 351–358.
- Vorobyova, L.A. 1998. Chemical analysis of soils. Moscow: MSU, 271 pp.

# Punase ristiku kasvatamise mõju mulla üldlämmastiku sisaldusele erinevates viljelusviisides

Jaan Kuht, Viacheslav Eremeev, Liina Talgre, Maarika Alaru

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

**Abstract.** Kuht, J., Eremeev, V., Talgre, L., Alaru, M., Luik, A. 2020. The effect of the cultivation of red clover on the content of total nitrogen in different farming systems. – Agronomy 2020.

The experiments were carried out during 2014–2018. There were 5 crops in rotation: red clover, winter wheat, pea, potato and barley undersown (us) with red clover. There were 5 cultivation systems in the experimental setup: 2 conventional systems with chemical plant protection and mineral fertilizers; 3 organic systems which included winter cover crops and farm manure. The aim of the present research was to study the effect of cultivating red clover on the soil total nitrogen (N<sub>tot</sub>) content. The cultivation of red clover had a positive effect on the N<sub>tot</sub> content in both farming systems. The content of total nitrogen in the soil of organic systems was higher (18.5% after barley undersown with red clover, 17.1% after red clover, 14.3% after winter wheat), compared to the conventional systems with mineral fertilizers and plant protection. Comparing the unfertilized organic and conventional plots it was observed that the soil where pesticides (incl. glyphosates) were used, the content of total soil nitrogen (N<sub>tot</sub>) was lower by 10.6–24.0%, compared to the organic treatments with no pesticides.

**Keywords:** cropping systems, organic farming, winter wheat, red clover, soil total nitrogen (N<sub>tot</sub>)

## Sissejuhatus

Taimekasvatus tava ja maheviljeluse süsteemides sõltub eelkõige mulla viljakusest, mida saab parandada õige külvikorra valiku ja sõnniku ning haljasväetiste kasutamise teel (Rasmussen *et al.*, 2006). Oluline on ka mulla mikroobide aktiivsuse suurendamine. On märgatud mineraalse lämmastiku lihtsamat kättesaadavust mineraalväetistest võrreldes orgaanilisest aineist vabaneva lämmastikuga mahe süsteemides. See on ka üheks põhjuseks, miks tavatootmises on saagid kõrgemad kui mahetootmises (Alaru *et al.*, 2017). Mahetootmises suurendavad saagikust ja kvaliteedinäitajaid külvikorras olevad liblikõielised ja talvised vahekultuurid ning lisatav sõnnik (Talgre *et al.*, 2013). Varasemalt on meil uuritud mulla bioloogiliste ja agrokeemiliste näitajate (mulla mikroobide aktiivsus, C<sub>org</sub>, N<sub>tot</sub>, jt) muutumist mahe ja tavaviljeluses talinisul (Eremeev *et al.*, 2019a), kartulil (Eremeev *et al.*, 2019b; 2020), odra alla külvatud punase ristikul (Kuht *et al.*, 2018; 2019a; 2019b) ning punasel ristikul (Kuht *et al.*, 2019c). Kõik need uurimused on kinnitanud maheviljeluses kasutatud meetmete eeliseid tavaviljeluse ees. Veel paljudest avaldatud uuringutest ilmneb, et liblikõielised on mahetootmises kõige olulisem lämmastikuallikas (Fuchs *et al.*, 2008) ja nende kasvatamine on positiivse mõjuga järgnevat põllukultuuride saagile (Böhm, 2007; Loes *et al.*, 2006). Aastaringne taimkate mõjub mulla füüsikalistele ja keemilistele omadustele soodsalt, kaitsetes mulda heitlike ilmastikuolude eest ja hoides mullaniiskust stabiilsena. Talvised vahekultuurid ja haljasväetiseks kasvatatav punane ristik nagu ka teraviljade alla külvatud alarindes kasvav ristik toimivad ühteagu kui elusmultsid (Miura, Watanabe, 2002), ning toitainete leostumist takis-



tavad püüdurtaimed (Alvenäs, Marstorp, 1993). Eesti kliima tingimustes lagunevad liblikõieliste haljasväetiskultuuride (sh punane ristik) jäänused mullas suhteliselt aeglaselt ja avaldavad külvikorras positiivset mõju veel teisel ja kolmandal aastal (Talgre *et al.*, 2017). Käesoleva töö eesmärgiks oli selgitada punase ristiku kasvatamise mõju mulla üldlämmastiku (Nüld) muutustele nii talviste vahekultuuride ja sõnnikuga maheviljelussüsteemides kui ka keemilise taimekaitse ja mineraalväetisega tavaviljeluses.

## Materjal ja meetodika

Eesti Maaülikooli Rõhu Katsejaama katsepõllule Eerikal rajati 2008. a. viieväljaline tava- ja maheviljeluse külvikord, järgnevusega - punane ristik, talinisu, hernes, kartul ja oder punase ristiku allakülviga. Katseala mullastik oli näivleetunud (Stagnic Luvisol WRB 2002 klassifikatsiooni järgi, Deckers *et al.*, 2002), lõimiselt kerge liivsavi huumuskihi tüsedusega 20–30 cm (Reintam ja Köster, 2006).

Katsed rajati neljas korduses, katselappide suurus oli 60 m<sup>2</sup>. Käesolevas töös kasutatakse perioodil 2014–2018. a kogutud andmestikku. Uurimise all oli odra (sort 'Anni') alla külvatud punase ristiku (sort 'Varte') ja sellele järgnevate punase ristiku ning talinisu (sort 'Fredis') kasvualade mulla üldlämmastiku (Nüld) sisaldus.

Kultuure kasvatati kahes erinevas viljelussüsteemis: traditsiooniline, milles kasutati mineraalväetisi ja ka keemilisi taimkaitsevahendeid ning mahe, milles kasutati haljasväetist talvise vahekultuuri näol ning lisaks anti veel komposteeritud lund sõnnikut.

Tavaviljeluse süsteemis Tava 0 ei väetatud, kuid tehti keemilist taimekaitset. Tavasüsteemis Tava I, anti allakülviga odrale ja talinisule ühesugune kogus fosforit (P 25 kg ha<sup>-1</sup>) ja kaaliumit (K 95 kg ha<sup>-1</sup>) ja väetati lämmastikuga (oder allakülviga N 120 kg ha<sup>-1</sup> ja talinisu N 150 kg ha<sup>-1</sup>). Mõlemas tavasüsteemis kasutati odra (ak) eelvilja (kartul) koristamise aasta sügisel glüfosaati sisaldavat Roundup Flexi normiga 3,0 l ha<sup>-1</sup> ja kasvuajal MCPA-750 normiga 1,0 l ha<sup>-1</sup>, nisu kasvuaegsel umbrohutõrjel kasutati Sekator WG normiga 0,15 l ha<sup>-1</sup>. Seenhaiguste tõrjeks odral ja talinisul kasutati ka fungitsiide.

Maheviljeluses oli kolm süsteemi – talviste vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0), mis järgib ainult külvikorda; talviste vahekultuuridega viljelussüsteem (Mahe I) ning süsteem Mahe II kus kasvatati talviseid vahekultuure ja lisaks anti kevadel teraviljadele 10 ja kartulile 20 t ha<sup>-1</sup> komposteeritud veisesõnnikut. Mahe-süsteemides Mahe I ja Mahe II külvati kohe pärast kartuli koristust talviseks vahekultuuriks (enne ristiku allakülviga otra) talirukis, mis künti kevadel mulda haljasväetiseks. Proovid lämmastiksisalduse määramiseks võeti igal kevadel enne mullaharimistööde algust (aprilli lõpp) 20 cm sügavusest mullakihist. Katsetelt võetud mulla üldlämmastiku sisaldus määrati Kjeldahli meetodil (Procedures for Soil Analysis, 2005).

Kogutud andmed analüüsiti programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Katsevariantide mõju usaldusväärsust üldlämmastiku sisaldusele mullas analüüsiti



ühefaktorilise ANOVA abil, kultuuride vaheliste erinevuste võrdluses kasutati Fisher LSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ) ja tehti ka regressioon- ja korrelatsioonanalüüsid.

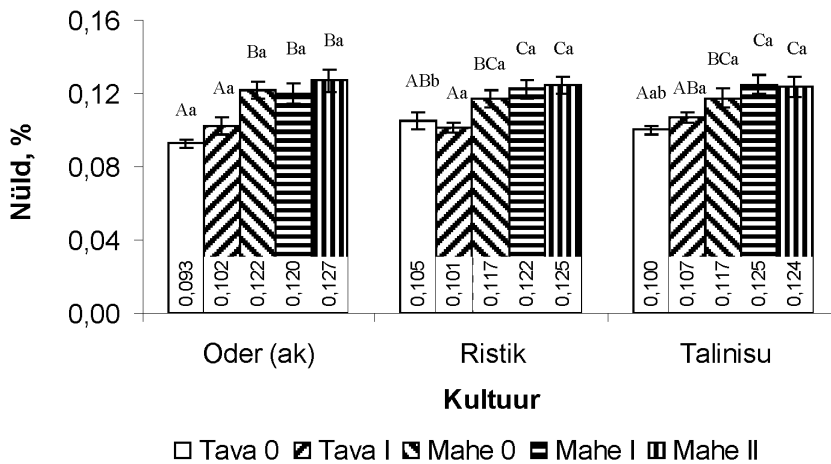
### Tulemused ja arutelu

Maheviljelussüsteemide (Mahe I ja Mahe II, joonis 1) mullas olid üldlämmastiku sisalduse näitajad võrreldes tavaviljeluse süsteemiga usutavalt kõrgemad. Tava I ristiku allakülviga odra järgselt vastavalt 17,4% ja 18,5%, ristiku järgselt 10,6% ja 17,1% ning talinisu järgselt 14,3% ja 13,5% võrra suuremad, kuid usutav erinevus kasvatatud kultuuride vahel puudus (joonis 1).

Talvistele vahekultuuridele lisaks antud sõnnik Mahe II süsteemis usutavat mõju mulla Nüld sisaldusele ei avaldanud. Vaid ristiku allakülviga aladel oli märgata väike, 5,6% Nüld sisalduse tõus.

Tava 0 ja Mahe 0 erinesid katses teineteisest vaid selle poolest, et neist esimeses kasutati keemilisi taimekaitsevahendeid, teises aga mitte. Tava 0 mullas olid üldlämmastiku sisalduse näitajad ristiku allakülviga odra järgselt 24,0%, ristiku järgselt 10,6% ja talinisu järgselt 14,8% võrra väiksemad kui Mahe 0 süsteemis (joonis 1). Ristiku (ak) järgse Tava 0 mulla Nüld sisaldus suurenes ristiku sissekünni järgselt 12,9% võrra, kuid vähenes uuesti talinisu koristamisele järgnenud kevadistes mullaproovides 5,4% võrra, 7,5%-ni (joonis 1).

Kuivõrd mõlemal väetamata alal (Tava 0 ja Mahe 0) olid taimede toitumistingimused võrdsed, kuid Tava 0 korral kasutati pestitsiide, siis viitavad need numbrid võimalusele, et kultuuride kasvukoha mulla üldlämmastiku sisalduse vähenemise põhjustas keemiliste taimekaitsevahendite kasutamine. Roundup Flexiga tehtud talinisu koristusjärgne umbrohutõrje võib vähendada mulla mikroobide tegevust lämmastiku vabastamisel. Seda on tõestanud Kremer ja Means (2009), kes leidsid, et mulla risosfääri sattunud glüfosaat mõjutab mikroorganismide bioloogiat ja ökoloogiat ning nende koostoimet taimejuurtega. Mulla bioloogiliste protsesside pärsimisel väheneb orgaaniliste ainete lagunemine ja seejärel toitainete eraldumine (Thornton *et al.*, 2010).



**Joonis 1.** Mulla üldlämmastiku sisaldus (Nüld, %) mahe ja tavasüsteemide mullas odra (ak), ristiku ja talinisu järgselt 2014–2018 aastate keskmisena. Erinevad suured tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust viljelusviiside vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Erinevad väiksed tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust kultuuride vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviiga.

Väetamata Mahe 0 aladel seevastu erilist lämmastiksisalduse muutust uurimisaluste kultuuride lõikes ei toimunud, kui mitte arvestada väikest, 4,1% Nüld sisalduse langust ristiku ja talinisu järel võrreldes punase ristiku allakülviga.

## Kokkuvõte

Maheviljelussüsteemide (Mahe I ja Mahe II) mullas olid üldlämmastiku sisalduse näitajad võrreldes tavaviljeluse süsteemiga Tava I odra alla külvatud ristiku järgselt vastavalt 17,4% ja 18,5%, ristiku järgselt 10,6% ja 17,1% ning talinisu järgselt 14,3% ja 13,5% võrra suuremad. Samas usutav erinevus kasvatatud kultuuride vahel puudus. Tava 0 mullas olid üldlämmastiku sisalduse näitajad ristiku allakülviga odra järgselt 24,0%, ristiku järgselt 10,6% ja talinisu järgselt 14,8% võrra väiksemad kui Mahe 0 süsteemis. Ristiku kasvatamine tõstis Tava 0 ala Nüld sisaldust, kuid ilmnes tendents, kus pärast talinisu kasvatamist hakkab mullas üldlämmastiku sisaldus jälle vähenema.

## Tänuavaldused

Uurimistööd on valminud ERA-NET Core organic projekti FertilCrop ja Eesti Maaülikooli projekti P180273PKTT toel.

## Kasutatud kirjandus

- Alaru, M., Talgre, L., Luik, A., Tein, B., Ereemeev, V., Loit, E. 2017. Barley undersown with red clover in organic and conventional systems: nitrogen aftereffect on legume growth. – *Zemdirbyste-Agriculture* **104** (2), 131–138.
- Alvenäs, G., Marstorp, H. 1993. Effect of a ryegrass catch crop on soil inorganic N content and simulated nitrate leaching. – *Swedish Journal of Agricultural Research* **23**, 3–14.
- Böhm, H. 2007. Effect of a white clover underseed in oil seed rape on yield of the following crop wheat. In: Zikeli, S., Claupein, W., Dabbert, S., Kaufmann, B., Müller, T. Valle Zarate, A. (eds.): – *Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Band 1. Verlag Dr. Köster, Berlin, pp. 153–156.
- Ereemeev, V., Kuht, J., Talgre, L., Alaru, M., Madsen, H., Loit, E., Luik, A. 2019a. Talinisu kasvuala mulla orgaanilise süsiniku, mikroobide aktiivsuse ja lämmastiku sisaldus erinevates viljelussüsteemides. Metspalu, L., Luik, A. (Toim.). – *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Tartu: SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, lk. 15–21.
- Ereemeev, V., Kuht, J., Tein, B., Talgre, L., Alaru, M., Runno-Paurson, E., Mäeorg, E., Loit, E., Luik, A. 2019b. Kartuli kasvatamise mõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele ja orgaanilise süsiniku ning lämmastiku sisaldusele erinevates viljelusviisides. Tupits, I., Tamm, S., Tamm, Ü., Toe, A. (Toim.). – *Agronomiam 2019* lk. 29–36.
- Ereemeev, V., Talgre, L., Kuht, J., Mäeorg, E., Esmaeilzadeh-Salestani, K., Alaru, M., Loit, E., Runno-Paurson, E., Luik, A. 2020. The soil microbial hydrolytic activity, content of nitrogen and organic carbon were enhanced by organic farming management using cover crops and composts in potato cultivation. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science* **70** (1), 87–94.
- Fuchs, R., Rehm, A., Salzeder, G., Wiesinger, K. 2008. Effect of undersowing winter wheat with legumes on the yield and quality of subsequent winter triticale crops. – *16th IF-OAM Organic World Congress*. Modena, Italy.
- Kremer, R.J., Means, N.E. 2009. Glyphosate and glyphosate resistant crop interactions with rhizosphere micro-organisms, – *European Journal of Agronomy* **31**, 153–161.
- Kuht, J., Alaru, M., Ereemeev, V., Talgre, L., Loit, E., Luik, A. 2018. Muutused mulla mikroobide hüdrofüütilises aktiivsuses ja orgaanilise süsiniku sisalduses punase ristiku allakülviga odra kasvatamisel. Alaru, M. (Toim.). – *Agronomiam 2018* lk. 8–14.
- Kuht, J., Ereemeev, V., Talgre, L., Alaru, M., Loit, E., Mäeorg, E., Esmaeilzadeh-Salestani, K., Luik, A. 2019a. Changes in the soil microbial hydrolytic activity and the content of organic carbon and total nitrogen by growing spring barley undersown with red clover in different farming systems. – *Agriculture* **9** (7).
- Kuht, J., Ereemeev, V., Alaru, M., Talgre, L., Loit, E., Luik, A. 2019b. Muutused mulla mikroobide hüdrofüütilises aktiivsuses ja lämmastiku sisalduses punase ristiku allakülviga odra kasvatamisel. Tupits, I., Tamm, S., Tamm, Ü., Toe, A. (Toim.). – *Agronomiam 2019* lk. 22–28.
- Kuht, J., Ereemeev, V., Talgre, L., Alaru, M., Loit, E., Luik, A. 2019c. Punase ristiku mõju mulla orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisaldusele ning mikroobide aktiivsusele mahe- ja tavaviljeluses. Metspalu, L., Luik, A. (Toim.). – *Teaduselt mahepõllumajandusele* Tartu: SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, lk. 64–69.
- Loes, A.K., Henriksen, T.M., Eltun, R. 2006. Repeated undersowing of clover in stockless organic grain production. [http://orgprints.org/8222/01/gronngjabstract\\_odense\\_-190406.doc](http://orgprints.org/8222/01/gronngjabstract_odense_-190406.doc) (10.01.2019).

- Marstorp, H., Kirchmann, H., 1991. Carbon and nitrogen mineralization and crop uptake of nitrogen from six green manure legumes decomposing in soil. – *Acta Agriculturae Scandinavica* **41** (3), 243–252.
- Miura, S., Watanabe, Y. 2002. Growth and yield of sweet corn with legume living mulches. – *Japanese Journal of Crop Science* **71** (1), 36–42.
- Newman, M.M., Hoilett, N., Lorenz, N., Dick, R.P., Liles, M.R., Ramsier, C., Kloepper, J.W. 2016. Glyphosate effects on soil rhizosphere-associated bacterial communities – *Science of the Total Environment* **543**, 155–160.
- Procedures for Soil Analysis, 2002. Sixth edition. Compiled and edited by L.P. Van Reeuwijk, ISRIC-FAO International soil reference and information centre, Wageningen, 119 p.
- Rasmussen, I.A., Askegaard, M., Olesen, J.E. 2006. The Danish organic crop rotation experiment for cereal production 1997–2004. In: Raupp, J., Pekrun, C., Oltmanns, M. and Köpke, U. (Eds.) – *Long-term Field Experiments in Organic Farming. ISOFAR Scientific Series*. Verlag Dr. Köster, pp. 117–134.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* **136** (1), 99–209.
- Reeuwijk, L.P. van. (ed.) 2005. Procedures for Soil Analysis. 5th edn. Wageningen, 112 pp.
- Talgre, L., Ereemeev, V., Alaru, M., Tein, B., Kuht, J., Luik, A. 2013. Crop yield and yield quality depending on the cultivating system. – *Science for organic farming 2013* pp. 93–97 (in estonian).
- Talgre, L., Roostalu, H., Mäeorg, E., Lauringson, E. 2017. Nitrogen and carbon release during decomposition of roots and shoots of leguminous green manure crops. – *Agronomy Research* **15** (2), 594–601.

# Väetustehnoloogiate mõju talinisu saagikusele ja kvaliteedinäitajatele tootmiskatses põuase kasvuaasta tingimustes

Jakob Johan Lindam<sup>1,2,3</sup>, Eve Runno-Paurson<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

<sup>2</sup> Aru Põllumajanduse OÜ

<sup>3</sup> Põllumeeste ühistu Kevili

**Abstract.** Lindam, J.J., Runno-Paurson, E. 2020. Influence of fertilization on winter wheat yield and quality in drought field conditions – Agronomy 2020.

The aim of this farm trial research was to study the effect of different nitrogen fertilizer types on the yield and quality of winter wheat variety 'Ramiro'. The hypotheses were: 1) greater protein levels will be achieved by liquid nitrogen fertilizer; 2) plots where no fungicide is applied will be more prone to diseases and produce lower yield. In order to collect data for the thesis, a field experiment was carried out during the 2017/2018 growing season. During the experiment some treatments were given additional mineral or liquid nitrogen during the last leaf emergence. To compare the results, control plot did not receive any additional nitrogen. In addition to that, every treatment had a duplicate version where no fungicide was applied, to study the effects diseases have on wheat yield and quality. Treatments where fungicide was not used produced 0.5–1 t ha<sup>-1</sup> less yield. Fertilizing during the last leaf emerging resulted in higher grain protein levels. The application of liquid nitrogen fertilizer increased the grain protein level by 0.76–2.30% compared to control. The application of mineral nitrogen fertilizer increased the grain protein level by 0.39–1.31% compared to control. Weather conditions during the field experiment season were extremely hot and dry. Because of drought, plants were in stress and yield was compromised. To understand more how winter wheat quality is in relation with different nitrogen fertilizers more field experiments like this must be carried out.

**Keywords:** winter wheat, yield, grain quality, nitrogen fertilization

## Sissejuhatus

Aru Põllumajanduse OÜ on Hulja alevikus paiknev teraviljakasvatus ettevõte, mis on tegelenud taimekasvatusega üle 20 aasta. 2018. aasta seisuga oli Aru PM haritava maa pind kokku 3500 hektarit. Kogu maa külvipind jagunes kultuuridena järgnevalt: 1100 ha talinisu, 150 ha suvinisu, 650 ha taliraps, 680 ha talioder, 500 ha hernes, 90 ha muu liblikõieline (ristik, lutsern) ning 330 ha suvioder. Aru PM-s kasutatakse viieväljalist külvikorda ning põhiliseks külvikorraks on hernes/ristik, talinisu/talioder, taliraps, talinisu, suvioder. Ettevõttes keskendutakse taliviljade kasvatamisele, mida on olenevalt aastast 65-80% külvipinnast. Taliviljad on saagikamad, ning ühtlasi vähendab selline plaan ka kevadiste tööde mahtu. Ettevõttes kasvatustehnoloogiate alla kuuluvad otsekülvi ja minimeeritud harimise meetodid.

Kadrinasse rajatud talinisu 'Ramiro' tootmiskatse eesmärgiks oli välja selgitada lämmastikväetise mõju talinisu saagile ja kvaliteedile. Uurimuse teema tulenes tootjate soovist mõista paremini toidunisu kasvatamist, ning huvigrupi vajadusega

haakus põllumeeste ühistu Kevili. Selle tootmiskatse teeb eriliseks asukoht, kuna asub Lääne-Virumaal, Kadrina vallas Vandu külas, mis on üks Eesti põhjapoolseim taliteravilja kasvatsoon. Töö olulisus seisnes selles, et mõista paremini, millise talinisu kasvatustehnoloogiaga on võimalik saavutada kõrgeima kvaliteediga terasaak.

Uurimustöös võrreldi, kuidas erinevad lämmastikväetiste andmise viisid (vedel ja graanul) mõjutavad talinisu saagikust ja selle kvaliteeti (proteiini sisaldus terades, langemisarv, peentera sisaldus, mahumass ja kleepvalgu sisaldus terades). Kõigil väetusvariantidel katsetati kasvuaegselt haigustõrjega ja haigustõrjeta töötlust. Seega seadsime järgneva hüpoteesi: loomise faasis antud lisälämmastik vedelal ja graanuli kujul tõstab tera proteiini sisaldust kõige enam; haigustõrjeta katse variandid on madalama saagikusega kui haigustõrjega variandid.

## Materjal ja meetodika

Väetuskatse rajati Aru Põllumajanduse OÜ talinisu sordi 'Ramiro' tootmispõllule, mis asub Lääne-Virumaal Kadrina vallas Vandu külas. Uurimistööga alustati 2017. aasta suve keskel, kui hakati planeerima katse asukohta, katsevariante, vajaminevaid materjale ja tehnoloogiaid. Talinisu sordi 'Ramiro' puhitud seeme külvati Vandu külas asuvalle põllule 5. septembril. Kõigi variantide katselapi pindala oli 3,24 hektarit, fungitsiidita variantidel vastavalt 1,08 hektarit. Külvil lisati 30 kg lämmastikväetist hektari kohta. Varakevadel tehti esimene väetuskord kõikidele variantidele 9. aprillil 2018 väetisega YaraBela Axan 260 kg ha<sup>-1</sup>, millega anti põllule 70 kg lämmastikku hektarile. Teine väetuskord tehti kõikidel variantidel 13. aprillil 2018 ammooniumsulfaadiga 95 kg ha<sup>-1</sup>, millega anti põllule 20 kg N ha<sup>-1</sup>. Kolmas ehk viimane väetuskord tehti kõigil kuuel variandil 15. aprillil 2018 väetisega YaraBela Extran 210 kg ha<sup>-1</sup>, millega anti lisaks 70 kg N ha<sup>-1</sup> juurde. Nende kolme väetuskorraga said kõik variandid N kokku 160 kg ha<sup>-1</sup>. Edaspidi toimus väetamine variantidel GraanulF, Graanul ja Vedel, VedelF. 1. juunil väetati GraanulF ja Graanul variante graanulväetisega (AN-34) 60 kg ha<sup>-1</sup>, millega anti põllule 20,4 kg N ha<sup>-1</sup>. Kuna vihma ei olnud sadanud terve kevade ja vedelal kujul lämmastikväetis võib taimi kõrvetada, siis otsustati vedelväetist anda kahes osas. Esimene osa anti variantidele VedelF ja Vedel samuti 1. juunil vedelväetisega KAS-32 normiga 25 l ha<sup>-1</sup>, millega sai põld 10,2 kg lämmastikku hektarile. Teine osa anti 4. juunil täpselt sama kogusega, mis 1. juunil. Mõlema väetuskorraga kokku said vedelväetiste variandid 20,4 kg lämmastikku hektarile.

Pärast viimast väetamist teostati haigusetõrje (4. juunil), kuid ainult nendel variantidel, kus see oli plaanitud. Haigusetõrjeks valiti Bayer CropScience'i poolt toodetud preparaati Prosaro (toimeained protikonasool 125g l<sup>-1</sup> ja tebukonasool 125g l<sup>-1</sup>), mis on laia toimespektriga süsteemne fungitsiid. Haiguse leviku tagasihoidlikku ulatuse tõttu kasutati katsealal kõige madalamat kulunormi 0,75 l ha<sup>-1</sup>. Katseala üheks levivaks umbrohuks oli tuulekaer, mistõttu oli vajalik teha üks tõrjekord herbitsiidiga Axial 50 EC kogu katseala ulatuses. Putukatõrjevahendite kasutamise vajadus 2017/2018 aasta hooajal katsealal puudus. Kui taimed jõudsid loomise faasi,

siis lisati osa variantidele lisälämmastiku 20 kg ha<sup>-1</sup>. Kaks väetusvarianti said lisälämmastiku graanulväetise ning kaks vedelväetise kujul.

Katses esinesid järgmised variandid: 1) KontrollF sai kokku 160kg lämmastikku hektarile ning tehti haigustõrje, 2) GraanulF, millele lisati loomise faasis lisälämmastikku 20 kg ha<sup>-1</sup> graanulväetise kujul ning teostati haigustõrje, 3) VedelF, kus lisati loomise faasis KAS-32 vedelväetist 20,4 kg ha<sup>-1</sup> ja tehti haigustõrje, 4) Kontrollvariant, kuhu lisati kokku 160 kg ha<sup>-1</sup>, kuid ei tehtud haigustõrjet, 5) Graanul, millele lisati loomise faasis lämmastikku 20,4 kg ha<sup>-1</sup> graanulväetisena, kuid ei tehtud haigustõrjet, 6) Vedel, millele anti loomise faasis lisälämmastikku 20 kg ha<sup>-1</sup> KAS-32 vedelväetisena, kuid ei tehtud haigustõrjet.

Kui talinisu koristusküpsaks sai, võeti esmalt igalt korduselt vihuproovid, et neid pärast eraldi analüüsida. Seejärel koristati iga kordus eraldi autole, mis sõitis koos koormaga kaalumisele. Selliselt oli võimalik saada korduste kaalud ning iga variandi kogukaal, et neid pärast võimalik võrrelda oleks. Igalt korduselt võeti koristuse ajal ka kombaini punkrist viljaproov, mis saadeti hiljem laborisse kvaliteedi analüüsiks. Laboris analüüsiti proteiinisaldus terades (%), langemisarv (sek) ja kleepvalgu sisaldus terades (%). Variantide vaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ) ja tehti ka regressioon- ja korrelatsioonanalüüsid.

## Tulemused ja arutelu

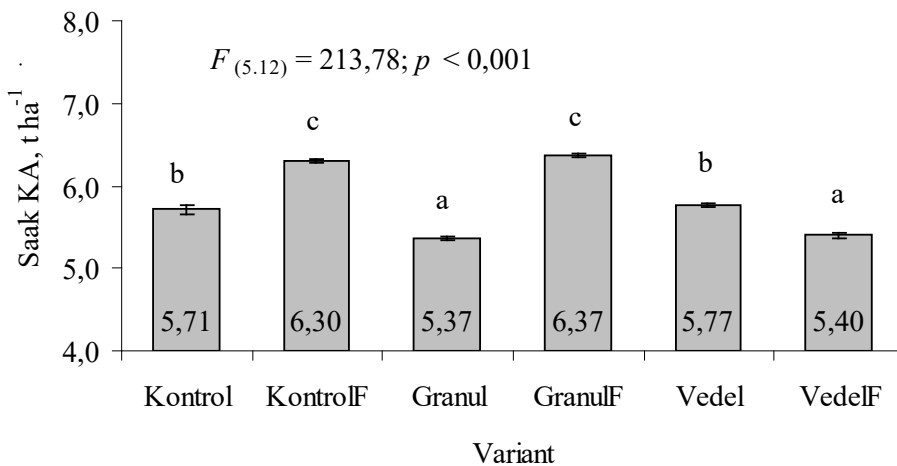
Kuna katsealal puudus automaatilemajaam, siis kasutati Eesti Ilmateenistuse poolt kogutud Väike-Maarja ilmajaama ilmatikuandmeid. 2018. aasta kevadel (v.a aprill) ja suvel domineerisid väga kuivad ilmaolud. Kogu kevadise kasvuperioodi jooksul sadas piirkonnas 133 mm vihma, mis on vaid 32% kogu selle aasta sademete summast. 2018. aasta summaarse sademete hulk (417 mm) on oluliselt väikesem viimaste viie aastaga võrreldes (268,5 mm). 2018. aasta kevad ja suvi olid oluliselt soojemad võrrelduna viimase viie aasta keskmisega. Keskmise õhutemperatuur oli kõrgem aprillis (1,0°C), mais (3,3°C) ja juulis (2,4°C) võrreldes paljude aastate keskmisega. Ka koristus osutus 2018. aastal keeruliseks, sest sademete hulk augustis oli väga suur, mis ühtlasi mõjutas ka pikalt järgmiste taliviljade külviaega.

Vähene sademete hulk ja suur vee aurumine avaldas negatiivset mõju taimede arengule, mistõttu jäid 2018. aasta teravilja saagid ka väga madalaks. Talinisu toomiskatse keskmine saagikus oli 5,82 t ha<sup>-1</sup>, varieerudes oluliselt variantiti 5,37–6,37 t ha<sup>-1</sup> ( $p < 0,001$ ) (joonis 1). Kõrgeim saak moodustus variandil GraanulF (6,4 t ha<sup>-1</sup>), kus teostati haigustõrje ja mis sai loomise faasis lisälämmastikku mineraalväetise kujul 30 kg ha<sup>-1</sup>. Madalaim saagikus oli aga vastupidiselt sama kasvatustehnoloogiaga, kuid ilma haigustõrjeta variandil Graanul (5,4 t ha<sup>-1</sup>). Madala saagikusega eristub veel variant VedelF, kus anti 20,4 kg ha<sup>-1</sup> lämmastikku vedelväetisena ning teostati haigustõrje. Kõige kõrgema ja madalama saagikusega variantide erinevus oli 15,6%. Sama kasvatustehnoloogiaga, kuid haigustõrjeta variant Vedel saagikus on haigustõrjega variandist VedelF oluliselt kõrgem. Kuna tegemist oli niivõrd kuiva ja kuuma aastaga ja lämmastik, eriti vedelal kujul, võib olla taimede aktiivses kasvufaasis kõrvetava toimega (Phillips, Mullins, 2004). Et katsevariandid võrreldavad



oleksid, tuli väetustöö ära teha samal nädalal kui mineraalväetise variantidel GraanulF ja Graanul. Arvestades neid tingimusi, võime järeldada, et vedelväetis KAS-32 koos fungitsiidiga kõrvetas taimikut sedavõrd, et pähikud ei täitunud hästi. Samas ettevõtte Aru PM talinisu keskmine saagikus oli sellistes põuase kasvuaasta tingimustes vaid 4 tonni hektarile, mis oli 1,4–2,4 tonni väiksem kui katsepõllul. Selline saagi vahe oli tingitud sellest, et katsepõld oli ainuke põld, kus külvi aeg tehti varajastel kuupäevadel.

Saagi kvaliteet koosneb väga erinevatest näitajatest. Head kvaliteeti on vaja selleks, et oma teravilja müüa toiduviljana, sest sellel on kõrgem hind. Eesti kokkuostjate toiduvilja kriteeriumid, mis näevad ette, et madalaima kategooria (V) jaoks peab proteiini sisaldus terades olema vähemalt 11%, langemisarv 180 sekundit, peentera maksimaalselt 3%, mahumass 730 g l<sup>-1</sup> ja kleepvalk 22%.



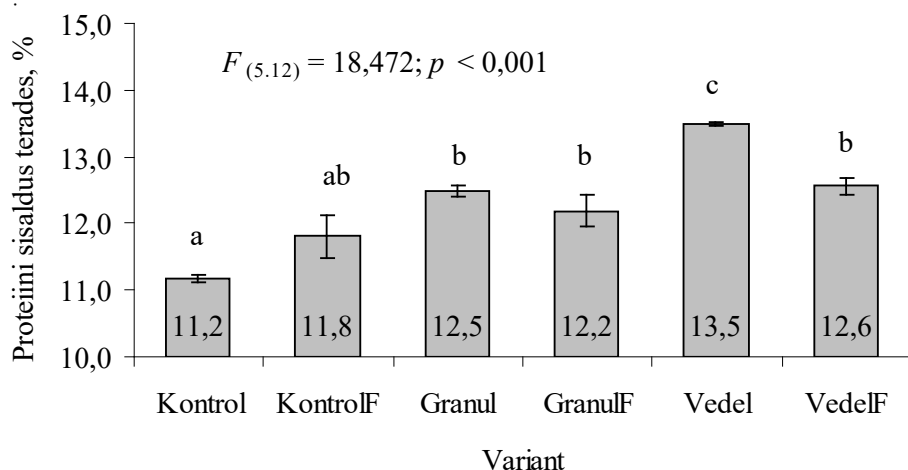
**Joonis 1.** Talinisu 'Ramiro' saagikus sõltuvalt väetusvariandist (Tukey test,  $p < 0,01$ ).

Talinisu terades sisaldub proteiini Eesti kliimas keskmiselt 10–15% (Older, 1999). Meie tootmiskatses varieerus talinisu 'Ramiro' terade proteiinisaldus oluliselt sõltuvalt variandist 11,2–13,5% ( $p < 0,001$ ) (joonis 2). Kõige madalam proteiinisaldus olid kontroll variantidel, kus haigustõrjeta variandil oli see 11,2% ja haigustõrjega variandil 11,8% (joonis 2). See näitab, et lisalämmastikuta variantidel jäi proteiinisaldus teiste katsevariantidega võrreldes madalamaks. Kõige kõrgem proteiini sisaldus oli vedelväetisega lisalämmastikku saanud haigustõrjega ja haigustõrjeta variantidel (joonis 2). Haigustõrjeta Kontrolli varianti võrreldes vedelväetist saanud variandiga oli vahe 2,3% ning graanulväetisega võrreldes 1,3%. Nendel variantidel kus haigustõrje teostati oli KontrolF ja VedelF erinevus 0,8% ning KontrolF ja GraanulF vahe 0,4% lisalämmastiku saanud variantide kasuks.

Proteiini kujunemise iseloomustamiseks uuriti haiguse leviku ulatust piimvaha-küpsuse faasis ja proteiini sisalduse omavahelist seost. Korrelatsioonanalüüsi tulemusel selgus, et esineb nõrk omavaheline negatiivne seos ( $r = -0.2$ ). Omavaheline



seos on seletatav katse tehnoloogiaga, sest mõlemal Kontroll variandi puhul oli haiguse levik kõige laialdasem ning madalaim proteiini sisaldus olenemata saagikuses. Järelikult aitas lisälämmastiku andmine esiteks tõsta proteiini, aga ühtlasi kaitses taimi haiguse leviku eest. Teadusuuringutes on leitud, et nisu-pruunlaiksuse levik piirab kultuuri ainevahetust, mille tagajärjel võib väheneda tera proteiini sisaldus (Barracough et al., 2014). Seega võib järeldada, et laialdane haiguse levik väljendub proteiini sisalduse languses.



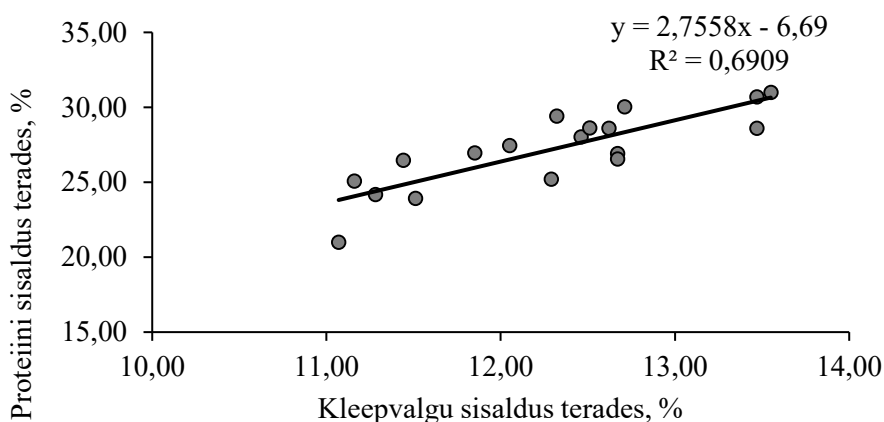
**Joonis 2.** Proteiini sisaldus talinisu 'Ramiro' terades sõltuvalt katsevariandist (Tukey test,  $p < 0,01$ ).

Vaatamata sellele, et variandi VedelF saagikus jäi väga madalaks (joonis 1), ei mõjutanud see oluliselt proteiini sisalduse tulemust. Mõnedes teadusuuringutes on leitud, et lämmastiku vaeguses olevat taimestikku saab seostada väiksema proteiini sisaldusega teras (Abad et al., 2004; Liu et al., 2007). Meie tootmiskatses jäid Kontroll variandid proteiini protsendi põhjal V kategooria piiridesse ning ainult haigustõrjeta variant Vedel kvalifitseerus II kategooriasse. Ülejäänud variandid jäid III kategooria toidunisu kategooria vahemikku. Väga selgelt on näha, et isegi sellisel kuival aastal ja loomise faasis lisälämmastikku andes on raske kasvatada paremat toidunisu, kui II kategooria. Siiski suudeti lisälämmastikuga variantide puhul kvaliteeti tõsta vähemalt ühe kategooria võrra kõrgemale. Sarnane katse viidi läbi 2013. aastal Hiinas, kus avastati, et lämmastiku kogust tõstes tõusis ka tera proteiini sisaldus (Liu, Shi, 2013).

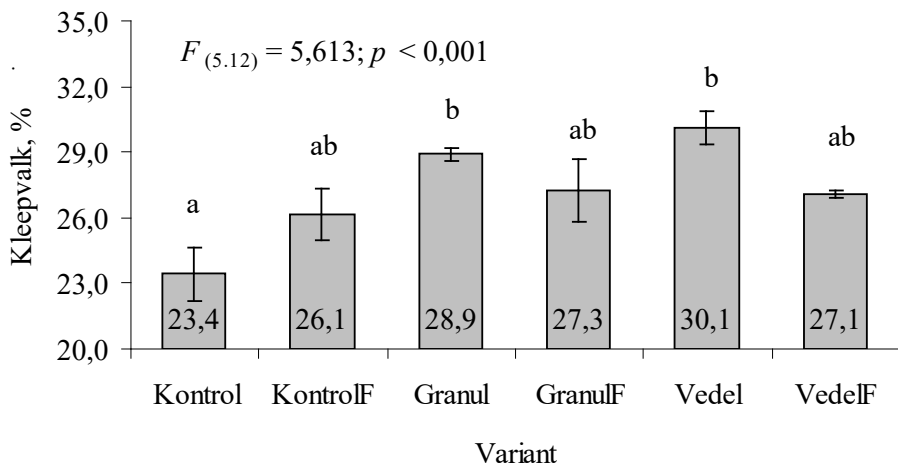
Toidunisu V kategooriasse kuulumiseks peab terasaagi langemisarv olema vähemalt 180 sekundit ning I kategooriasse kuulumiseks 275 sekundit. 2018. aasta koristusperiood oli ideaalne, et kontrollida langemisarvu mõjutatavust kasvuperioodist, sest märja ja pika koristuse ajal hakkavad terad pähikutes kasvama ning langemisarv langeb (Järvan et al., 2012). Tulemustest selgus, et kõik katsevariandi kvalifitseerusid kõrgeimasse ehk I kategooriasse, välja arvatud variant VedelF. Langemisarv

oli kõrgeim kontroll variandil 307 sekundit ja madalaim variandil VedelF 252,7 sekundit, kuid ükski variant ei erinenud üksteisest oluliselt ( $p > 0,05$ ). Langemisarvu mõjutab negatiivselt taimestiku lamandumine ja terade peas kasvama minek. Mõlemad negatiivsed tegurid avalduvad tavaliselt siis, kui koristusperiood on vihmane ja venib. Kuiv ja kuum aasta, mis soosis koristusperioodi andis kinnitust sellele, et väetamise või taimekaitsega langemisarvu mõjutada võimalik ei ole. Olulise kvaliteedi tunnuseks on määratud ka kleepvalgu sisaldused. Joonisel 3 on näha väga selget omavahelist seost proteiini ja kleepvalgu vahel. Andmeanalüüsist selgus, et esineb statistiliselt usutav tugev positiivne seos ( $p < 0,001$ ;  $r = 0,83$ ) (joonis 3). Lätis läbi viidud katse tulemustes leiti, et gluteeni sisalduse tõstmiseks, toidunisu hulka kuulumiseks on vaja lämmastikväetist anda vähemalt 180 kg N ha<sup>-1</sup> (Litke, 2018).

Madalaim ehk V kategooria toidunisu müümisel peab kleepvalgu sisaldus olema vähemalt 22% ning kõrgeima ehk I kategooria müümisel 28%. Kleepvalgu sisaldus erineb katsevarianditi oluliselt ( $p < 0,05$ ) (joonis 4). Seega saame järeldada, et lisälämmastikku andmine talinisu loomise faasis võimaldab tõsta kleepvalgu sisaldust, sest kontroll variantide (Kontroll ja KontrollF) kleepvalgu sisaldus on teistest madalam. Kõige madalam kleepvalgu sisaldus on variandil Kontroll (23,4%) ning kõige kõrgem variandil Vedel (30,1%) (joonis 4). Ainuke variant, mis ei ületa III kategooria piiri on Kontroll. Kaks varianti, Vedel ja Graanul kuuluvad kleepvalgu alusel I kategooria toidunisu alla ehk enam kui 28%. Ülejäänud variandid küündisid II kategooria toidunisu kriteeriumitesse, milleks oli minimaalselt 26%. Haigustõrjeta variantide puhul oli lisälämmastiku andmine loomise faasis suurema tähtsusega, kui haigustõrjega variantide puhul, sest Kontroll variandi kleepvalgu sisaldus oli 5,5% madalam kui Graanul ja 6,7% madalam kui Vedel variandil. Võrdluseks KontrollF oli vaid 1% madalama kleepvalgu sisaldusega, kui GraanulF ja 1,2% VedelF variandist kusjuures kõik kolm jäid sama toidunisu kategooria piiridesse.



**Joonis 3.** Kleepvalgu ja proteiini sisalduse lineaarne korrelatsioon.



**Joonis 4.** Kleepvalgu sisaldus talinisu 'Ramiro' teradel sõltuvalt katsevariandist

### Kokkuvõte

Tootmiskatses läbiviidud uurimustöö eesmärgiks oli talinisu tootmiskatse põhjal selgitada erinevate kasvatustehnoloogiate mõju kultuuri saagile ja kvaliteedile. Põldkatse läbiviimisel selgus, et nisu saaki ja selle kvaliteeti on võimalik otseselt mõjutada kasvatustehnoloogiaga. Kõrgemad lämmastiku foonid võimaldasid kõrgemat saagikust ja paremat saagi kvaliteeti. Loomise faasis antud lisälämmastik tõstis proteiini sisaldust vedelal 0,76–2,30% ja mineraalsel kujul 0,39–1,31% võrra. Kõrgem proteiini sisaldus võimaldas saagi kvaliteeti tõsta toidunisu V kategooria tingimustelt kõikidel lisälämmastikku saanud variantidel vähemalt III kategooria näitajate piiridesse. Kuigi kuiva aasta tõttu kõrvetas vedelväetis koos haigustõrjega osaliselt taimestikku, siis variant Vedel, kus haigustõrjet ei teostatud saavutas toidunisu II kategooria tingimuse tera proteiini sisalduse osas. Üldjuhul esines madalamate saakide puhul kõrgem proteiini sisaldus teras, kuid v.a. Kontroll variandil, kus see oli teistest variantidest 1–2,3% võrra madalam. Tulemuste põhjal võib väita, et lisälämmastiku andmine talinisu loomise faasis võimaldab tera proteiinisaldust tõsta. Kõige enam tõstab proteiini sisaldust vedelväetisena antud lämmastik, kuid graanulväetis tõstis proteiini sisaldust võrreldes Kontroll variandiga märgatavalt. Sama katset peaks tulevikus kordama mitmel järjestikusel aastal, et paremini mõista tera proteiini sisalduse kujunemist sõltuvalt väetise tüübist.

Langemisarvu põhjal selgus, et kõik katsevariandi kvalifitseerused kõrgeimasse ehk I kategooriasse, välja arvatud variant VedelF, kuid ükski variant ei erinenud üksteisest oluliselt. Lisälämmastiku andmine loomise faasis võimaldas fungitsiidiga variantide kleepvalgu sisaldust võrreldes kontrollF variandiga tõsta 1–1,2%. Haigustõrjeta variantide puhul esines suurem erinevus. Kontroll variandi kleepvalgu sisaldus oli 5,5–6,7% võrra madalam.

## Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus EcolChange “Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes”), ja Eesti Maaülikooli projektid P180273PKTT ja P190259PKTT.

## Kasutatud kirjandus

- Abad, A., Lloveras J., Michelena A. 2004. Nitrogen fertilizer and foliature effects on durum wheat yield and quality and on residual soil nitrate in irrigated Mediterranean conditions. – *Field Crops Research* **87** (2–3): 257–269.
- Barracough, P.B., Lopez-Bellido, R., Hawkesford, M.J., 2014. Genotypic variation in the uptake, partitioning and remobilisation of nitrogen during grain-filling in wheat. – *Field Crops Research* **156**, 242–248.
- Järvan, M., Lukme, L., Akk, A., Edesi, L., Adamson, A. 2012. Talinisu saagikus, saagi kvaliteet ja küpsetusomadused sõltuvalt lämmastiku ning väävlga väetamisest. *Agraarteadus* – **1**, 12–20.
- Litke, L., Gaile, Z., Ruža, A. 2018. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality. – *Agronomy Research* **16**, 500–509.
- Liu, D.D., Shi, Y. 2013. Effects of different nitrogen Fertilizer on Quality and Yield in Winter Wheat. – *Advance Journal of Food Science and Technology* **5**, 646–649.
- Liu, X., Qing-Chang, L., Zhen-Lin, W., Ming-Rong, H., Yan-Ping, Y. 2007. Effects of nitrogen rates on grain protein components and processing quality of wheat. – *Plant Nutrition and Fertilizer Science Journal* **13** (1), 70–76.
- Older, H. 1999. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Saku, 1999, 342 lk.
- Phillips, S.B., Mullins, G.L. 2004. Foliar burn and wheat grain yield responses following topdress-applied nitrogen and sulfur fertilizers. – *Journal of Plant Nutrition* **27** (5), 921–930.

## Hariliku hirsi ja õlikanepi saagikus ning seemnete proteiinisaldus 2019. aastal

Peeter Lääniste<sup>1,2</sup>, Eve Runno-Paurson<sup>1</sup>, Viacheslav Ereemeev<sup>1</sup>, Hedi Kaldmäe<sup>3</sup>, Toomas Tõrra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

<sup>2</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Rõhu katsejaam

<sup>3</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Polli aiandusuuringute keskus

---

**Abstract.** Lääniste, P., Runno-Paurson, E., Ereemeev, V., Kaldmäe, H., Tõrra, T. 2020. Yield and seed protein content of proso millet and oilseed hemp. – *Agronomy* 2020.

Global agricultural productivity has increased in many continents due to modern agricultural technologies. However the variability of crops in the crop rotation are still quite small. . On the other hand food producers are looking for new sources of plant protein for vegetarian products and would prefer to use local raw material. The main aim of this study was to evaluate the yield and yield quality of proso millet and oilseed hemp (cultivar 'Finola'). In addition we studied how much these crops produce protein and how much it is influenced by additional mineral fertilizers. The plants were grown under three fertilization rates: 0 kg N ha<sup>-1</sup>, N0; 50 kg N ha<sup>-1</sup>, N50; 100 kg N ha<sup>-1</sup>, N100. The results of this study revealed that proso millet and oilseed hemp realized their yield potential. The seeds of oilseed hemp had higher protein content (26.0%) than those of proso millet (12.5%). The additional nitrogen fertilizers had no effect on protein content of seeds.

**Keywords:** proso millet, oilseed hemp, yield, protein content

---

### Sissejuhatus

Põllumajanduslik tootmine on jõudsalt suurenenud moodsate põllumajandustehnoloogiate tõttu. Kultuurtaimede mitmekesisus külvikorras on jäänud paraku tagasihoidlikuks, mille tulemusel on haiguste ja kahjurite levik massiline. Nende kontrolli all hoidmiseks kasutavad põllumehed üha rohkem sünteetilisi taimekaitsevahendeid ning seetõttu satub rohkem kahjulikke aineid loodusesse.

Mitmekesisistades külvikorda uute erinevate kultuuridega, mille haiguskindlus on põhikultuuridega võrreldes suurem, vähendame survet loodusele ja põllumehed teenivad kasumit.

Seega valiti antud katses uurimusobjektideks harilik hirss ja õlikanep. Need kultuurid on suhteliselt haiguskindlad ja vähenõudlikud, andes stabiilset saaki ka ebasoodsamates ilmastikutingimustes (Amadou *et al.*, 2013). Harilik hirss kuulub kõrreliste sugukonda nagu nisu, oder ja kaer (Agdag *et al.*, 2001). Õlikanep kuulub kanepiliste sugukonda nagu kiukanep.

Toiduainetööstus tunneb järjest enam huvi taimset päritolu valkude kasutamise vastu tootarenduses ja eelistaks võimalusel kasutada kodumaist toorainet. Lisaks enam kasutatavatele taimse valgu allikatele nagu hernes või kaer otsitakse uusi alternatiive. Ettevõtjate ja teadusasutuste koostöös loodud Taimsete Valkude Innovatsiooniklastri tegevuskava raames algatati ka käesolev uuring eesmärgida välja

selgitada kas hirss ja kanep oma valgusisalduse poolest oleksid Eesti tingimustes kasvatatuna sobivaks tooraineks taimse valgu tootmisel ja kuidas erinevad väetusnormid mõjutavad nende kultuuride saagikust, proteiinisaldust ja proteiini saaki.

## Materjal ja meetodika

Hariliku hirsi ja õlikanepi põldkatse rajati 2019. kasvuaastal Eerikal, Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaama Eerika katsepõllul (58°22'N, 26°40'E).

Katseala mullaliigiks oli näivleetunud muld (*Stagnic Luvisol* WRB 2002 klassifikatsiooni järgi; Deckers *et al.*, 2002), mullalõimis oli kerge liivsavi ja kündmisega läbisegatud pindmise huumuskihi paksus oli 27-30 cm (Reintam, Köster, 2006).

Katses kasvatati kahte kultuuri: harilik hirss (geneetiline ressurss) ja õlikanep (sort 'Finola', aretatud Soomes).

Kogu katse külv teostati 6. mail 2019. aastal. Katse eelviljaks oli õlikanep. Katsevariantideks oli kontrollvariant ja kaks mineraalväetisega väetatud varianti. Mineraalväetisega väetamine toimus paiklikult vahetult enne katse külvi granuleeritud mineraalväetisega NPK  $N_{17}P_{4,6}K_{10}+S+Mg+B$ . Väetusnormid olid vastavalt: 0 (kontroll), 50 ja 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Katsevariandil 100 kg N ha<sup>-1</sup> teostati väetamine kahes osas. Pool normist anti külvida koos ja teine pool väetisest kasvuaegselt.

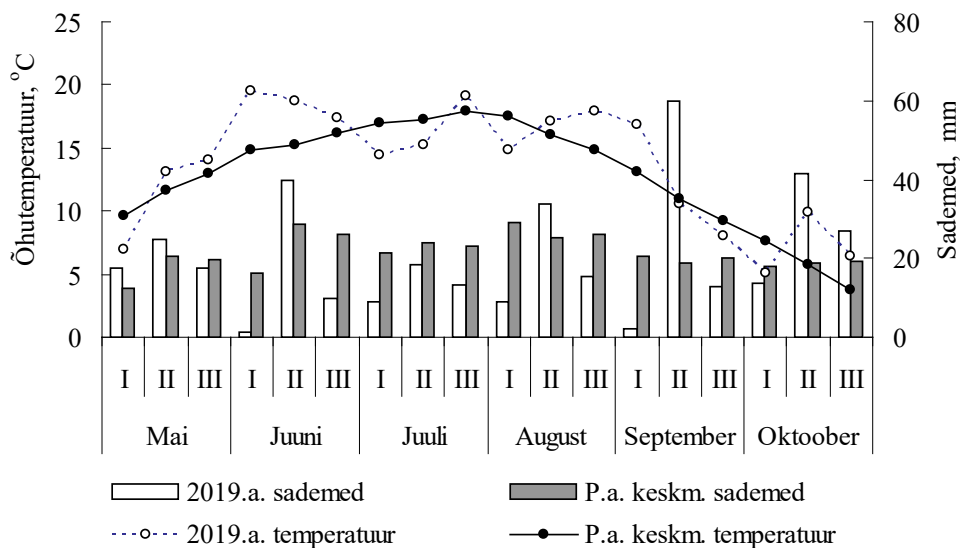
Katselapi suurus oli 10 m<sup>2</sup> ja katsevariandid olid kolmes korduses. Taimekaitseteid ei teostatud õlikanepil. Harilikul hirsil kasutati umbrohutõrjeks preparaati Starane 333 HL (toimeaine fluoksüppüür 333 g l<sup>-1</sup>) normiga 0,15 l ha<sup>-1</sup> (BBCH 13, 05.06.2019) ja teistkordne umbrohutõrje tehti Pixxaro EC (toimeaine metüülhalauksifeen 12,5 g l<sup>-1</sup>; fluoksüppüür 280 g l<sup>-1</sup>) normiga 0,25 l ha<sup>-1</sup> (BBCH 23, 20.07.2019).

Hirss ja õlikanep koristati teraviljakombainiga 23. septembril. Seemnete proteiinisaldus määrati Eesti Maaülikooli Taimebiokeemia laboris.

Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades dispersioonanalüüsi. Eri väetusnormide mõju hariliku hirsi ja õlikanepi saagikusele, seemnete proteiinisaldusele ja proteiini saagikusele leiti ühefaktorilise ANOVA abil. Katsevariantide vaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ( $p = 0,001$ ).

## Tulemused ja arutelu

Kasvuperioodi õhutemperatuur oli 2019. aastal mai keskpaigast kuni juuni III dekaadini normist kõrgema, juuni I, II dekaad ja augusti I dekaad keskmisest madalama temperatuuriga (joonis 1). Sademete jaotumine vegetatsiooniperioodi jooksul oli väga ebaühtlane. Taimede veega varustatus oli heal tasemel kasvukuude keskpaigas, aga kasvukuude I ja III dekaadidel oli sademeid keskmiselt vähem (joonis 1). Sellised ilmastikutingimused olid küllaltki sobilikud hirsi ja õlikanepi kasvuks.

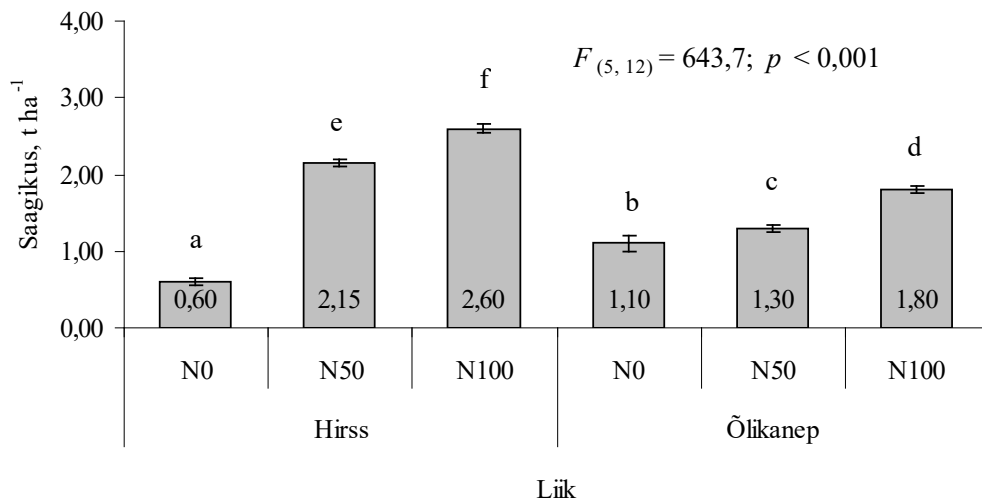


**Joonis 1.** Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel, võrrelduna paljude aastate (1964–2019) keskmisega.

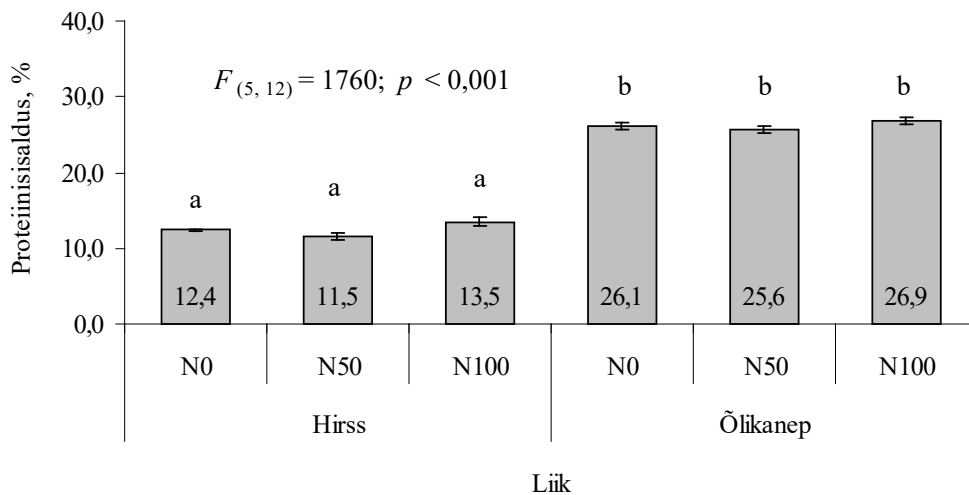
Hirss ja õlikanep reageerivad mineraalväetiste andmisele väga hästi (Lääniste *et al.*, 2019, Runno-Paurson *et al.*, 2019). Eriti tugevalt reageerib väetiste koguse suurendamisele hirss. Juba väetusnormi N50 juures suureneb saagikus võrrelduna kontroll variandiga 3,5 korda (joonis 2). Väetusnormi N100 juures oli hirsi saagikus 4,3 korda kõrgem ( $2,6 \text{ t ha}^{-1}$ ). Õlikanepi saagikuse tõus väetamisel ei olnud nii suur kui hirsil, kuid kontrollvariantis andis õlikanep ligi kaks korda kõrgema saagi kui hirsi kontrollvariant. See tuleneb sellest, et õlikanepi juurekava on tugevalt väljaarenenud ja suudab toitaineid kätte saada ka sügavamatest mullakihtidest (Small, Marcus, 2002). Suurim seemnesaak õlikanepil saadi kõige kõrgema väetusnormiga katsevariandilt N100 ( $1,8 \text{ t ha}^{-1}$ ).

Seemnete proteiinisaldus on üks tähtsamatest kvaliteedinäitajatest põllukultuuride juures (Bennetau-Pelisser, 2019). Katse tulemustest selgus, et õlikanepi seemned sisaldavad proteiini keskmiselt 26,2%. Seevastu hirsi seemnete proteiinisaldus on keskmiselt 12,5%, mis on kaks korda madalam kui õlikanepi seemnetes (joonis 3). Erinevad väetusnormid hirsi ja õlikanepi seemnete proteiinisaldust usutaval määral ei mõjutanud (joonis 3).

Proteiini saak ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) sõltub tugevalt põllukultuuri saagikusest ja seemnete proteiinisaldusest. Põldkatsest selgus, et usutavalt suurema proteiini saagiga kultuur on õlikanep, andes keskmisena 368 kg proteiini hektarilt. Hirsil oli keskmine proteiini saak  $224 \text{ kg ha}^{-1}$ . Kõrgeim proteiini saak õlikanepil saavutati variandil N100, 483 kg proteiini hektarilt (joonis 4). Hirsi suurim proteiini saak hektarilt saadi samuti enim väetatud katsevariandilt N100, mis oli 351 kg (joonis 4). Ehkki katseandmete analüüsil selgus, et hirsi saagikus oli suurem kui õlikanepil, saadi suurimad proteiini saagikused siiski õlikanepi seemnetest (joonis 4).

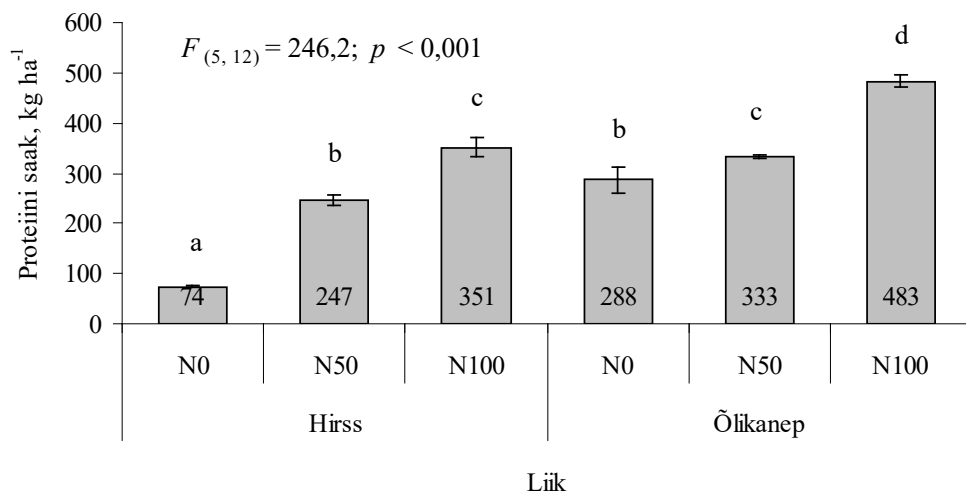


**Joonis 2.** Hirsi ja õlikanepi saagikus (t ha<sup>-1</sup>) 2019. aastal. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust katsevariantide ja liikide vahel (Tukey HSD post-hoc test,  $p < 0,001$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardhälvet.



**Joonis 3.** Hirsi ja õlikanepi seemnete proteiinisaldus (%) 2019. aastal. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust katsevariantide ja liikide vahel (Tukey HSD post-hoc test,  $p < 0,001$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardhälvet.





**Joonis 4.** Hirsi ja õlikanepi proteiini saak (kg ha<sup>-1</sup>) 2019. aastal. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust katsevariantide ja liikide vahel (Tukey HSD post-hoc test,  $p < 0,001$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardhälvet.

## Kokkuvõte

Katsest selgus, et hirss ja õlikanep suutsid oma saagipotentsiaali realiseerida ja andsid mõlemad arvestatava saagi. Mõlemad katses olnud kultuurid reageerivad hästi mineraalsetele väetistele ja andsid suurima saagi väetusnormi N100 juures (vastavalt 2,6 ja 1,8 t ha<sup>-1</sup>). Katse tulemustest selgus, et õlikanepi seemned sisaldavad proteiini keskmiselt 26,2%. Seevastu hirsi seemnete proteiinisaldus on keskmiselt 12,5%, mis on ligi kaks korda madalam kui õlikanepi seemnetes.

Erinevad väetusnormid hirsi ja õlikanepi seemnete proteiinisaldust usutaval määral ei mõjutanud. Suurim proteiini saak saadi õlikanepi N 100 variandilt (483 kg ha<sup>-1</sup>).

## Tänuavaldused

Uurimustöö viidi läbi Taimsete Valkude Innovatsiooniklastri tegevuskava raames, mida toetasid Eesti maaelu arengukava 2014–2020 ja Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond (EAFRD), Eesti Maaülikooli baasfinantseeritavate projektide P190259PKTT ja P180273PKTT, Eesti Maaülikooli projekti „Teadmussiire pikaajaline programm taimekasvatuse tegevusvaldkonnas“ MAK 2014–2020 (8–2/P13001PKTM) ning Euroopa Regionaalarengu fondi poolt finantseeritud Teaduse Tippkeskuse EcolChange toel.

## Kasutatud kirjandus

Agdag, M., Nelson, L.L., Baltensperger, D., Lyon, D., Kachman, S. 2001. Row spacing affects grain yield and other agronomic characters of proso millet. –*Communications in Soil Science and Plant Analysis* **32**: 2021–2032.

- Amadou, I., Gounga, M.E., Le, G.W. 2013. Millets: nutritional composition, some health benefits and processing – A review. – *Emirates Journal of Food and Agriculture* **25** (7): 501–508.
- Lääniste, P., Runno-Paurson, E., Ereemeev, V., Tõrra, T., Niinemets, Ü. 2019. Kas hirssi (*Panicum miliaceum* L.) võiks kasvatada Eestis? – *Agronomia* 2019 lk 90–95.
- Bennetau-Pelisser, C. 2019. Plant Proteins from Legumes. In book: Bioactive molecules in food, pp. 1–43.
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources in a nutshell. In Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (eds.): Soil Classification 2001. – *European Soil Bureau Research Report* No. 7, EUR 20398 EN: 173–181.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* **136** (1): 199–209.
- Runno-Paurson, E., Ereemeev, V., Tõrra, T., Niinemets, Ü., Lääniste, P. 2019. Õlikanepi kasvatustehnoloogiate optimeerimine. – *Agronomia* 2019 lk 96–103.
- Small, E., Marcus, D. 2002. Hemp: a new crop with new uses for North America. In: Janick, J., Whipkeys, A. (eds.) – *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA: pp. 284–326.

## Liblikõielised kui taimse valgu allikad

Peeter Lääniste<sup>1,2</sup>, Eve Runno-Paurson<sup>1</sup>, Viacheslav Ereemev<sup>1</sup>, Hedi Kaldmäe<sup>3</sup>, Toomas Tõrra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

<sup>2</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Rõhu katsejaam

<sup>3</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Polli aiandusuuringute keskus

---

**Abstract.** Lääniste, P., Runno-Paurson, E., Ereemev, V., Kaldmäe, H., Tõrra, T. 2020. Legumes as sources of plant protein . – Agronomy 2020.

Increased demand for animal-based protein in particular is expected to have a negative environmental impact, generating greenhouse gas emissions, requiring more water and more land. It is important to produce protein by sustainable production as well as from alternative sources for direct human consumption. The main aim of this study was to evaluate the yield and yield quality of new legumes as soya, chickpeas and lentil. In addition we want to know how much they produce protein and how much it is influenced by additional mineral fertilizers. The plants were grown under three fertilization regimes: 0 kg N ha<sup>-1</sup>, N0; 25 kg N ha<sup>-1</sup>, N25; 50 kg N ha<sup>-1</sup>, N50. The results of this study revealed that different legume plants react differently in our climatic condition. Chickpeas as warmth-demanding plants did not realize its yield potential and the protein content in the seeds was lower than in other two plants. However soya and lentil had higher yield and the seeds had quite high content of protein. The additional nitrogen fertilizer in small amounts had positive influence on the yield and protein yield but not on the protein content of the seeds.

**Keywords:** soya, chickpea, lentil, yield, protein content

---

### Sissejuhatus

Globaalse rahvastiku suurenemise tingimustes on surve loodusressurssidele üha suurenenud. On suurenenud nõudlus loomsetele valkudele järele, mille tootmiseks suureneb kasvuhoonegaaside emissioon keskkonda ning suureneb ka vajadus vee ja maaressursi järele (Tilman, Clarc, 2014). Seega on vajadus toota proteiini loodust säästvamalt, kasutades selleks ära liblikõielisi kultuurtaimi, mis oleksid inimesele alternatiivseks proteiiniallikaks. Tarbijate huvi ainult taimse tooraine baasil toodetud toidu vastu on kasvanud ka Eestis, mis motiveerib toiduainetootjaid leidma loomsele valgule alternatiive ja kasvatab huvi erinevate valgurikaste kultuuride kasutamise vastu.

Liblikõielised taimed elavad sümbioosis juurtel paiknevate mügarbakteritega, mis seovad mulla õhust lämmastikku (Watson *et al.*, 2017) ning varustavad sellega ka tervet taime. Tänu sellele on liblikõieliste taimede lehed, varred ja ka seemned kõrge proteiinisisaldusega (Henchion *et al.*, 2017). Liblikõieliste taimede väetamine mineraalse lämmastikuga ei ole hädavajalik aga taime kasvu alguses kui juuremügaraid ei ole veel juurtele moodustunud, toitub noor taim mullast saadava lämmastiku toel. Eestis on põhiliselt kasvatatud liblikõielistest põllukultuuridest põldhernest ja põlduba.

Antud uurimustöö põhiliseks eesmärgiks oli selgitada, kas sellised uued liblikõielised kultuurid nagu soja ja kikerhernes või unustatud vana kultuur lääts on võimelised andma arvestatavat saaki, mis on kõrge proteiinisaldusega. Lisaks soovisime teada palju on nad võimelised tootma proteiini hektari kohta ja kas mineraalsete väetiste kasutamine mõjutab saagikust ja selle kvaliteeti.

## Materjal ja meetodika

Soja, kikerherne ja lääts põldkatse rajati 2019. kasvuaastal Eerikal, Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaama Eerika katsepõllul (58°22'N, 26°40'E).

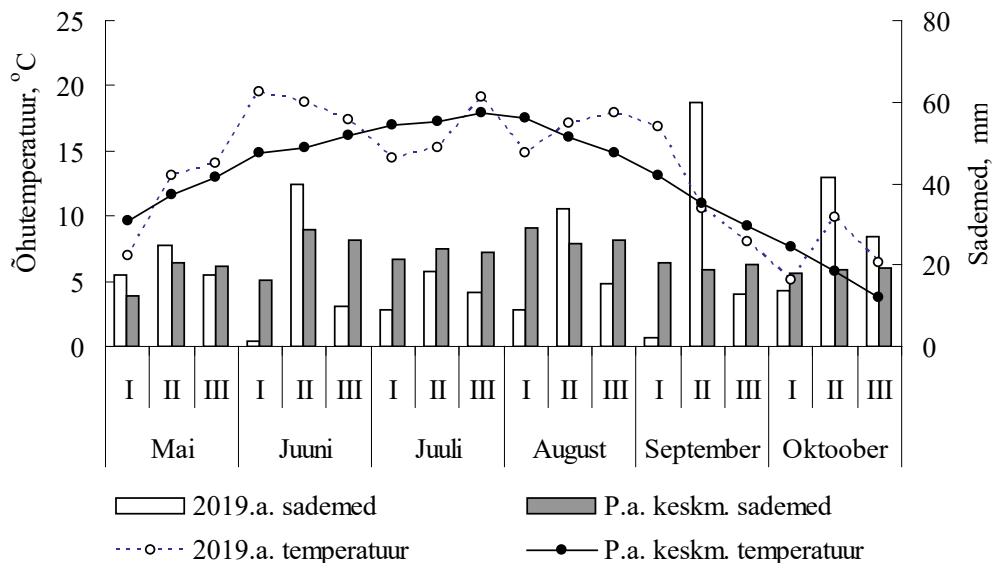
Katseala mullaliigiks oli näivleetunud muld (*Stagnic Luvisol* WRB 2002 klassifikatsiooni järgi; Deckers *et al.*, 2002), mullalõimimis oli kerge liivsavi ja kündmisega läbisegatud pindmise huumuskihi paksus oli 27–30 cm (Reintam, Köster, 2006). Katses kasvatati kolme liblikõielist kultuuri: soja (sort 'Laulema' aretatud Eesti Taimekasvatuse Instituudis), kikerhernes (sort 'Sokol' aretatud Venemaal) ja lääts (sort 'Danaja' aretatud Venemaal).

Kogu katse külv teostati 06. mail 2019 aastal. Katse eelviljaks oli õlikanep. Katsevariantideks oli kontrollvariant ja kaks mineraalväetisega väetatud varianti. Mineraalväetisega väetamine toimus paiklikult vahetult enne katse külvi granuleeritud mineraalväetisega NPK  $N_{17}P_{4,6}K_{10}+S+Mg+B$ . Väetamise normid olid vastavalt: 0 (kontroll), 25 ja 50 N ha<sup>-1</sup>. Katselapi suurus oli 10 m<sup>2</sup> ja katsevariandid olid kolmes korduses. Taimekaitseteid ei teostatud kikerhernel ja läätsel. Sojal kasutati umbrohutõrjeks preparaati Basagran 480 (toimeaine bentasoon 480 g l<sup>-1</sup>) normiga 1,0 l ha<sup>-1</sup> (29. mail 2019). Lääts koristati teraviljakombainiga 28. augustil, soja 23. septembril ja kikerhernes 16. oktoobril. Seemnete proteiinisaldus määrati Eesti Maaülikooli Taimebiokeemia laboris Kjeldahli meetodil.

Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades dispersioonanalüüsi. Eri väetusnormide mõju liblikõieliste kultuuride saagikusele, seemnete proteiinisaldusele ja proteiini saagikusele leiti ühefaktotilise ANOVA abil, variantide vaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ( $p = 0,001$ ).

## Tulemused ja arutelu

Kasvuperioodi keskmine õhutemperatuur oli 2019. aastal mai keskpaigast kuni juuni III dekaadini paljude aastate keskmisest kõrgem. Samas juuni I, II dekaad ja augusti I dekaad olid keskmisest madalama õhutemperatuuriga (joonis 1). Sademete jaotumine vegetatsiooniperioodil oli väga ebaühtlane. Taimede veega varustatus oli heal tasemel kasvukuude keskpaigas aga kasvukuude I ja III dekaadidel oli sademeid keskmiselt vähem (joonis 1). Sellistes kasvukeskkonna tingimustes käitusid liblikõielised põllukultuurid erinevalt.



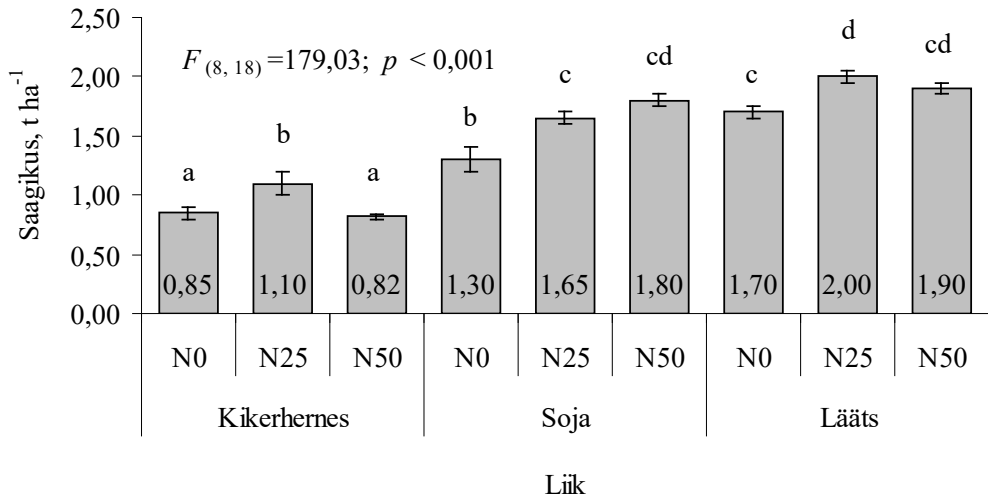
**Joonis 1.** Keskmise õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate 1964–2019 keskmisega.

Sellised ilmastikutingimused oli sobilikud lätse kasvatamiseks ning saadi kõige kõrgemad saagikused (joonis 2). Samuti andis soojanõudlik soja väga head saaki (joonis 2). Kõige madalama saagitasemega oli kikerhernes, kellele vegetatsiooniperioodi temperatuuride summa jäi madalaks ning paljud kaunad, mis moodustusid, ei kandnud vilja.

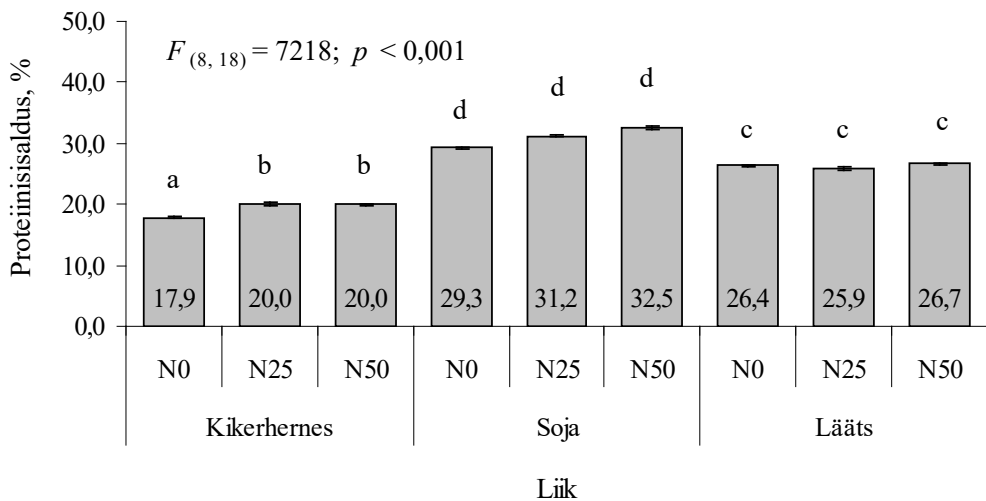
Katseandmete analüüsil selgus, et positiivset mõju saagikusele avaldas ka mineraalse kompleksväetise kasutamine. Saagikusele mõjus positiivselt väikese koguse lämmastiku, fosfori ja kaaliumi andmine. Usutav mõju saagikusele avaldus kõikidel kultuuridel (joonis 2). Suurema lämmastiku normi (N50) juures saagilisa võrrelduna variandiga N25 ei täheldatud, kikerherne puhul isegi kõrgem lämmastikunorm pärssis taime normaalset arengut, mille tulemusel saagikus isegi vähenes (joonis 2).

Seemnete proteiinisaldus on üks tähtsamatest kvaliteedinäitajatest liblikõieliste kultuuride juures (Bennetau-Pelisser, 2019). Katse tulemustest selgus, et soja seemnete proteiinisaldus ulatus kuni 32,5 %-ni, mis on usutavalt kõrgem näitaja kui läätsel (keskmiselt 26,0%) ja kikerhernel (keskmiselt 19,0%) (joonis 3). Erinevad väetusnormid liblikõieliste taimede seemnete proteiinisaldust olulisel määral ei mõjutanud (joonis 3).

Proteiini saak (kg ha<sup>-1</sup>) sõltub oluliselt põllukultuuri saagikusest ja seemnete proteiinisaldusest. Põldkatsest selgus, et usutavalt suurema proteiini saagiga kultuur on soja, andes väetatud variandil (N50) 586 kg proteiini hektarilt (joonis 4). Seevastu kõige madalama proteiini saagiga oli kikerhernes, kes andis katsevariandil N25 tagasihoidliku 221 kg proteiini hektarilt. Lätse proteiini saagid ulatusid väetatud variantidel (N25 ja N50) vastavalt 517 ja 506 kg ha<sup>-1</sup> (joonis 4). Katseand-

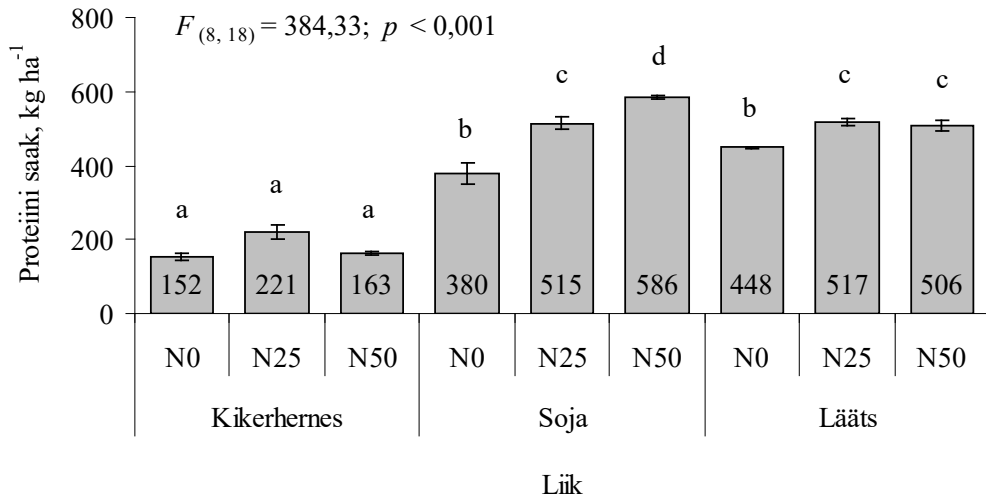


**Joonis 2.** Liblikõieliste põllukultuuride saagikus (t ha<sup>-1</sup>) 2019. aastal. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust katsevariantide ja liikide vahel (Tukey HSD post-hoc test,  $p < 0,001$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardhälvet.



**Joonis 3.** Liblikõieliste põllukultuuride seemnete proteiinisaldus (%) 2019. aastal. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust katsevariantide ja liikide vahel (Tukey HSD post-hoc test,  $p < 0,001$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardhälvet.

mete analüüsil selgus, et parimad proteiini tootjad on soja ja lääts. Nende kultuuride proteiini saaki on võimalik suurendada kui anda starterväetisena väikestes kogustes kompleksväetist.



**Joonis 4.** Liblikõieliste põllukultuuride proteiini saak (kg ha<sup>-1</sup>) 2019. aastal. Erinevad tähed tähistavad statistiliselt olulist erinevust katsevariantide ja liikide vahel (Tukey HSD post-hoc test,  $p < 0,001$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardhälvet.

### Kokkuvõte

Katsest selgus, et erinevad liblikõielised kultuurid reageerivad meie ilmastiku oludele erinevalt. Soojatundlik kikerhernes ei suutnud oma saagipotentsiaali 2019. aastal täielikult realiseerida ning saagikus ja proteiinisaldus seemnetes jäi madalaks. Seevastu sojale ja läätsle oli vegetatsioon piisavalt soodne ja need kultuurid andsid korraliku saagi ja seemned olid kõrge proteiinisaldusega. Katsest selgus, et väikesed lämmastiku normid starterväetisena mõjutavad positiivselt seemne saagikust ja proteiini saaki, kuid ei avalda usutavat mõju seemnete proteiinisaldusele.

### Tänuavaldused

Uurimustöö viidi läbi Taimsete Valkude Innovatsiooniklastri tegevuskava raames, mida toetasid Eesti maaelu arengukava 2014–2020 ja Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond (EAFRD), Eesti Maaülikooli baasfinantseeritavate projektide P190259PKTT ja P180273PKTT, Eesti Maaülikooli projekti „Teadmussiire pikaajaline programm taimekasvatuse tegevusvaldkonnas“ MAK 2014–2020 (8–2/P13001PKTM) ning Euroopa Regionaalarengu fondi poolt finantseeritud Teaduse Tippkeskuse EcolChange toel.

### Kasutatud kirjandus

- Bennetau-Pelisser, C. 2019. Plant Proteins from Legumes. In book: Bioactive molecules in food, pp. 223–265
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources in a nutshell. In Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R.J.A., Mon-

- tanarella, L. (eds.): Soil Classification 2001. – *European Soil Bureau Research Report* No. 7, EUR 20398 EN: 173–181.
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A.M., Fenelon, M., Tiwari, B. 2017. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. – *Foods* **6** (7), 53.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* **136** (1), 199–209.
- Tilman, D., Clark, M. 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. – *Nature* 515, 518–522.
- Watson, C., Reckling, M., Preissel, S., Bachinger, J., Bergkvist, G., Kuhlman, T., Lindström, K., Nemecek, T., Topp, C., Vanhatalo, A., Zander, Z., Murphy-Bokern, D., Stoddard, F. 2017. Grain legume production and use in European agricultural systems. – *Advances in Agronomy* **144** (1), 235–303.



# Üheaastaste korjetaimede seemnesegud

Helena Madsen, Indrek Keres, Liina Talgre

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

**Abstract.** Madsen, H., Keres, I., Talgre, L. 2020. Annual food plant species for pollinators. – Agronomy 2020.

In 2016 suitable food plant species for bees in Estonian conditions were selected. The experiments were based on the Eerika experimental field of the Estonian University of Life Sciences and in 2018 on the field of Rannu Seed OÜ with annual species' mixture to determine the length of the flowering season, the composition and density of the plant species (including weeds) and honeybee foraging.

Comparing the results of the two experimental years (2017 and 2018) indicate that duration of flowering of annual species' mixture was dependent on the weather – 2017 was cool with heavy rainfall whilst 2018 was hot and droughty. Mixture of *Phacelia tanacetifolia*, *Fagopyrum esculentum* and *Borago officinalis* started flowering almost 20 days earlier in 2018 and ended a month earlier than in 2017.

Increasing the seed rate 1.5 to 2 times the standard helps to suppress the weediness more efficiently. In conclusion based on two years the honeybees foraged on *Phacelia tanacetifolia* and a *Fagopyrum esculentum* flowers more times than on *Sinapis alba* L. flowers. Annual species' mixture is suitable for plow-based tillage. Reduced tillage is suitable for fields with a low weed background.

**Keywords:** Forage species, annual mixture, flowering plants, honeybees.

## Sissejuhatus

Põllumajanduse intensiivistumine viimastel aastakümnetel on põhjustanud põllumaa vaesustumist tolmeldavate putukate elupaigana. Poolloodusliku taimestikuga maa-alade kadumine ning herbitsiidide laialdane kasutamine on vähendanud nektarit ja õietolmu tootvate taimede hulka (Carreck ja Williams 2002). Põllumajanduslikke ökosüsteeme iseloomustab tihe taimestik pindalaühiku kohta, kuid taimede ja tolmeldajate vähene mitmekesisus. Ökoloogiliste süsteemide püsimine sõltub nende vastastikusest koostoimisest. Peamine koostöö toimub õistaimede ning tolmeldavate putukate vahel, kellest kõige olulisemad on mesilased (Corbet et al. 1991).

Kuna intensiivne põllumajandus muudab põllumajandusmaastiku ühetaoliseks, siis mesilasperede heaolu eelduseks on korjemaade rajamine. Korjemaatähendab õistaimede kasvukohtade laiendamist mesilaste toiduvarude kogumise eesmärgil (Carreck ja Williams 1997; Riis ja Karise, 2015; Mesilaste korjemaat...). Korjemaat rajamiseks on vaja tunda korje- ehk meetaimi, kuna taimede oskuslik valimine ning külvamine on mesilasperede arenemise oluliseks eelduseks (Riis ja Karise, 2015). Korjetaimede segul peaksid olema soodsad agronoomilised ja bioloogilised omadused. Agronoomiliste omaduste poolest on oluline korjetaimede kiire rajamisvõime, olemasoleva agrotehnika kasutamise potentsiaal taimiku rajamisel ja hooldusel. Bioloogiliste omaduste hulka kuuluvad pikk õitsemisperiood, rikkalik nektari ja õietolmu tootmine ja atraktiivsus tolmeldajatele (Carreck ja Williams 1997). Meetaimede külv aitab rikastada korjet, täiendada korjevaeseid ajavahemikke ning pikendada ja

täita korjevaheaegu (Mesilaste korjemaa...). Seeläbi suureneb omakorda tolmeldavate putukate arv, tolmeldatud põllukultuuride osakaal ning seega tõuseb tihti ka saagikus ning kasvab mesinduse majanduslik tasuvus (Corbet et al. 1991).

Uuringu eesmärgiks oli välja töötada mesilastele ja teistele tolmeldajatele sobiv korjetaimede seemneseatud üheaastastest taimeliikidest, mis pakub nektarit ja õietolmu võimalikult pikal ajavahemikul.

### Põldkatsete kirjeldus ja metoodika

2016. aastal valiti Eesti tingimustes kasvatamiseks sobivad üheaastased taimeliigid: harilik keerispea, harilik kurgirohi, harilik tatar, Moldaavia tondipea, valge sinep, põlduba, aedmajaraan, suvivikk. Loetletud liikidest kombineeriti esialgsed seemneseatud, mis oleksid sobilikud Eesti tingimustes kasvatamiseks (Tabel 1).

2017. aastal rajati Eesti Maaülikooli katsepõllule katsed kahe erineva seemneseaduga (üheaastane seemneseatud) (Tabel 1). 2017. aasta katsetulemuste põhjal valiti üheaastastest segudest edasiseks katsetamiseks Segu 1, mille seemnete vahetkord oli 20:60:20% nende täisnormist (vastavalt kurgirohi, keerispea, tatar). 2017. aasta katses taimik umbrohtus mõõdukalt. Sellest tulenevalt suurendati 2018. aastal segudes kõikide liikide külvisenorme, kasutades kuni kolmekordset puhaskülvi normi võrrelduna 2017. aasta normiga. Ühekordsed külvisenormid, mille alusel suuremad külvisenormid arvutati olid järgmised: harilik kurgirohi 1,6 kg/ha, harilik keerispea 4,8 kg/ha, tatar 18 kg/ha, lina 30 kg/ha, valge sinep 4,5 kg/ha ja keerispea 3,2 kg/ha.

Lisaks rajati 2018. aastal katse uue seguga (Segu 2) asendamaks eelmisel aastal katses olnud ja segusse sobimatuks osutunud Moldaavia tondipea linaga. Selle segu puhul kasutati ühe ja kahekordset külvisenormi (Tabel 2). Eerikal läbiviidud katsete eelviljaks oli teravili. Seemneseadude katselapid paiknesid kõrvuti asetsevate blokkidena. Katselapi suurus oli 18m<sup>2</sup>. Katsealal on näivleetunud muld (*Stagnic Luvisol*). Katsepõld künti sügisel, kevadel enne külvi põld freesiti.

2018. aastal rajati katse ka Rannu Seeme OÜ tootmispõllule, et testida 2017. aasta tulemuste põhjal valitud üheaastase segu (Segu 1) sobivust tootmistingimustesse. Segus kasutati seemneid 20:60:20% nende puhaskülvi normist (vastavalt kurgirohi, keerispea, tatar) ja külvati kahekordse normiga 10. mail. Põllul oli eelviljaks teravili. Sügisel põld kooriti ja kevadel enne külvi põld kobestati tüükultivaatoriga.

**Tabel 1.** Üheaastaste liikide seemneseadude koostis 2017. aastal

	Liigi nimi	Seemnete vahetkord (% täisnormist) ja (kg/ha)	Seemnete vahetkord (%) (kg/ha)	Seemnete vahetkord (%) (kg/ha)
Segu 1	Harilik kurgirohi	60 (4,8)	40 (3,2)	20 (1,6)
Hiljem külvatav	Harilik keerispea 'Stala'	10 (0,8)	40 (3,2)	60 (4,8)
	Harilik tatar 'Lileja'	30 (2,7)	20 (1,8)	20 (1,8)
Segu 2	Moldaavia tondipea	10 (0,5)	20 (1,0)	30 (1,5)
varakülvatav	Valge sinep 'Pirat'	30 (4,5)	40 (6,0)	30 (4,5)
	Harilik keerispea 'Stala'	60 (4,8)	40 (3,2)	40 (3,2)

**Tabel 2.** Üheaastaste liikide seemneseade koostis 2018. aastal

	Liigi nimi ja seemnete vahetuskord segus (% täisnormist)	1,5x külvisenorm (kg/ha) (Segu 2 1x)	2x külvisenorm (kg/ ha)	3x külvisenorm (kg/ ha)
Segu 1	Harilik kurgirohi, 20%	2,4	3,2	4,8
	Harilik keerispea 'Stala', 60%	7,2	9,6	14,4
	Harilik tatar 'Lileja', 20%	27	36	54
Segu 3	Lina, 30%	30	60	-
	Valge sinep 'Pirat', 30%	4,5	9	-
	Harilik keerispea 'Stala', 40%	3,2	6,4	-

Mineraalväetisi ja taimekaitsevahendeid ei kasutatud. Umbrohtumus määrati visuaalse hindamise teel esimest korda peale korjetaimede tärkamist, teist korda juulis taimiku täiskatvusel. Hindamisel kasutati hindamisjuhendit (Cooper et al. 2012), mille alusel määrati umbrohtude katvus (% põllupinnast). Umbrohtude katvuse hindamisel ei arvestata väga väikeste alarindesse jäävate umbrohtudega, mis meetaimedele konkurentsi ei paku.

Katsepõllust ca 100 meetri kaugusele paigutati mesilaspered enne korjetaimede õitsemist. Korjetaimede külastatavust hinnati vähemalt üks kord nädalas ilusa ilmaga (keskpäeval) mesilaste aktiivse lendluse ajal. Vaatluse käigus tehti kindlaks, milliseid taimeliike külastati ja kes olid külastajad. Külastavate tolmeldajate arvust ei määratud.

## Ilmastik 2017. ja 2018. aastal

2017. aasta oli väga jahe ja sademete rohke. Suvel ei esinenud püsivalt üle 15 kraadise temperatuuriga perioodi (püsivaks loetakse periood kestusega 30 päeva või rohkem). See mõjutas taimede kasvu ja arengut (taimed hakkasid õitsema tavapärasest hiljem), samuti meetaimedel nektari eritumist ja seeläbi õite külastatavust tolmeldajate poolt.

2018. aasta oli põuane ja tavalisest kõrgema temperatuuriga. Alates mai teisest poolest hakkas sademete vähesus mõjutama taimede normaalset kasvu. Juuni oli pikaajalise keskmisega võrreldes soojem ja kuivem. Juuli oli kuum ning põuane.

## Tulemused

### 2017. aastal läbiviidud katsed üheaastaste korjetaimedega

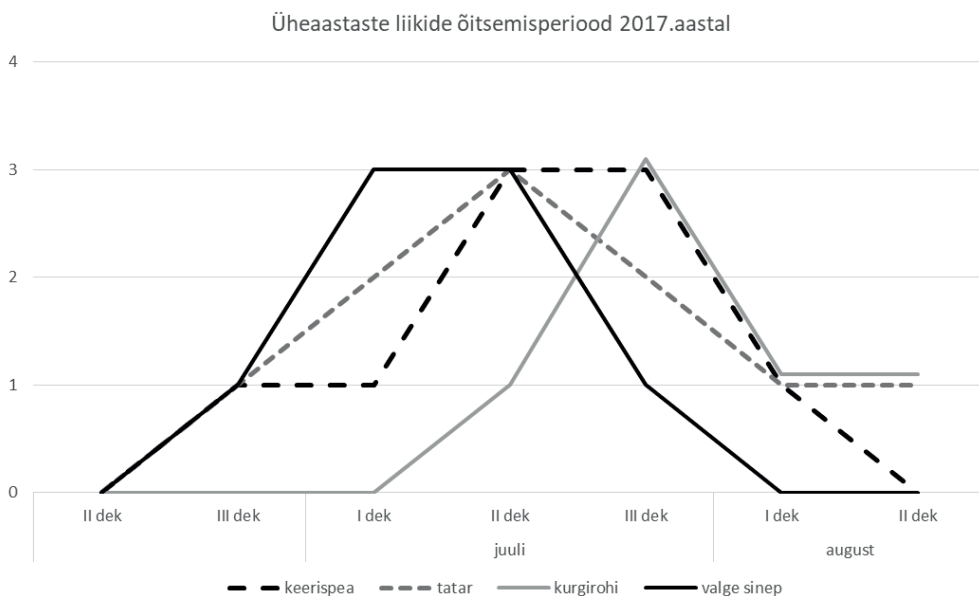
Katsed üheaastaste hiljem külvatavate liikide seguga nr 1 (harilik kurgirohi, keerispea, tatar) näitasid, et valitud liigid sobivad mesilaste korjetaimede segudesse. Segu pakkus mesilastele korjet 1,5 kuu jooksul (joonis 1). Kuna segu nr 1 sisaldas tatart, mis on tundlik külmale, siis sobivaim külvamisaeg on mai keskpaik, kui öökülmade oht on möödas. Mesilased külastasid kõige enam keerispead. Külastatavus püsis kõrge kuni viimaste õite ära õitsemiseni. Peale keerispea õitsemise lõppu jõudis kurgirohi täisõitsemise faasi, kuid mesilaste huvi oli väike. Tatar alustas õitsemist koos keerispeaga ja õitses ka veel koos kurgirohuga, kuid mesilastele tatar huvi ei pak-

kunud. Nii kurgirohi kui ka tatar on kõrge nektarierituse potentsiaaliga, kuid 2017. aasta kasvuperiood oli liiga jahe ja seetõttu nektari eritus pärsitud.

Liikide vahetamine segus mõjutas umbrohtumust – keerispea külvisenormi suurendamine segus vähendas umbrohtude arvukust ja biomassi ( $p < 0,05$ ). Kõige optimaalsema taimiku tagas seemnete vahetamine 20:60:20 täisnormist (vastavalt kurgirohi, keerispea, tatar). Suurendamiseks pinnakaetust ning korjetaimede konkurentsivõimet umbrohtude suhtes tuleks kasutada kuni 1,5-kordset puhaskülvi normi. Segu võimaldab ka kasutamist suvise vahetuskultuurina (näiteks talirapsi eelselt).

Üheaastaste liikide segu nr 2 (valge sinep, keerispea, moldaavia tondipea) külvati mai algul ja korjega ulatus kuu pikkuseks. Ka selle segu puhul oli mesilaste poolt eelistatud liik keerispea. Valge sinep oli peamiselt külastatav kahetiivaliste poolt. Mesilasi ning kimalasi oli valgel sinepil vähem.

Kuigi liikide vahetamine segus umbrohtumust ei mõjutanud ( $p < 0,05$ ), avaldas antud segu kõige suuremat survetõrjet umbrohtude suhtes võrreldes teiste segudega. Optimaalseim taimik oli seemnete vahetamisel 30% valget sinepit ja 40% keerispead. Kui valge sinepi osakaal tõusis 40%-ni, jäi keerispea konkurents alla. Üheaastaste liikide seemnesegudesse ei sobinud moldaavia tondipea, kuna aeglase algarengu tõttu tõrjuti see konkurentsialarindesse. Seda segu saab kasutada ka suvise vahetuskultuurina (näiteks talirukki eelselt).



**Joonis 1.** Üheaastaste korjetaimede õitsemisperioodi pikkus 2017. aastal.

Joonisel tähistavad numbrid 1, 2, 3 avanenud õite hulka taimikus: 1 - kuni 30% õitest on avanenud; 2 - 30–50% õitest on avanenud; 3 – täisõitsemine, õitest on avanenud 70–75 %).

**2018 aastal läbiviidud katsed üheaastaste korjetaimedega**

Üheaastaste segu nr 1 (20:60:20% (vastavalt kurgirohi, keerispea, tatar)) külvati 9. mail kolme erineva külvisenormiga. Erakordselt kuuma ja põuase suve tõttu algas ja lõppes taimede õitsemine ebatavaliselt vara. Esimesena hakkas segus õitsema tatar (9. juuni), keerispeal avanesid esimesed õied 20. juunil ja kurgirohul 3. juulil. Keerispea ja tatra õitsemine lõppes 12–14. juulil, kurgirohi oli selleks ajaks jõudnud täisõitsemise faasi ja tema õitsemine jätkus kuni taimiku purustamiseni 17. juulil (joonis 2).

Kõige optimaalsem taimik saadi sel aastal kahekordset külvisenormi kasutades. Taimik umbrohtus suhteliselt vähe (visuaalsel hindamisel jäi umbrohtude katvus 3–5% piiresse) (tabel 6). Kasutades kolmekordset külvisenormi tekkis tihedama taimiku tõttu taimede omavaheline konkurents, mis omakorda jättis taimiku madalamaks ning taimedel moodustus vähem külgvõrseid. Meemesilased külastasid kõikide segus olnud liikide õisi kohe esimeste õite avanemisel. Mesilaste huvi säilis taimiku õitsemise lõpuni.

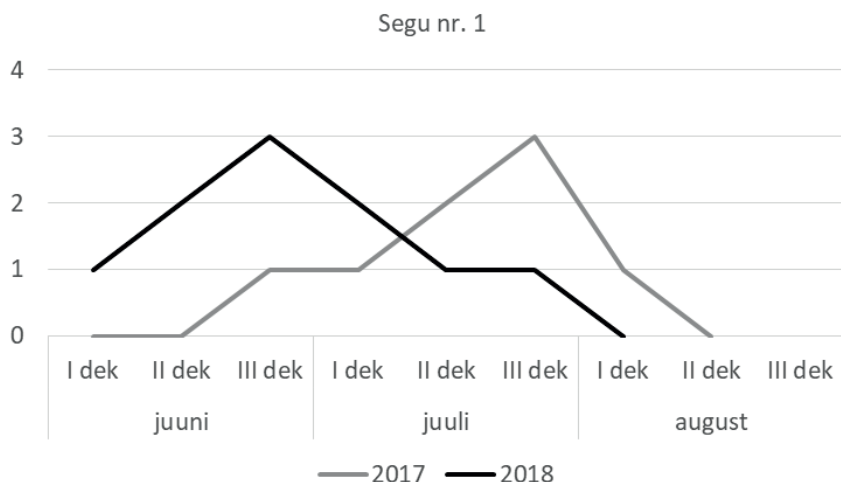
Üheaastaste segu nr 3 külvati 9. mail. Segu hakkas õitsema nädal hiljem kui segu nr 1 – esimesed valge sinepi õied avanesid 16. juunil, linal ja keerispeal 20. juunil. Lina õitsemine lõppes 3–5. juulil ja valge sinep 10. juulil (joonis 2). Vältimaks sinepi seemnete valmimist ning umbrohuks muutumist järgnevas kultuuris, purustati taimik ja künti mulda kohe kui sinep lõpetas õitsemise.

Segu nr 3 oli hea survetõrje umbrohtude suhtes ja katselapid umbrohtusid vähe (visuaalsel hindamisel jäi umbrohtude katvus 3–5% piiresse) (tabel 3). 2017. aasta katse põhjal selgus, et segus, kus valget sinepit oli 40%, jäi keerispea konkurents alla. 2018. aasta segu valge sinepi osakaaluga 30% näitas, et keerispea säilitab oma konkurentsivõime ning ei jää alarindesse.

Meemesilased külastasid eriti aktiivselt keerispea õisi, samas kui valge sinepi vastu oli kahe- ja kiletiivaliste huvi suurem. Lina kasutamine segudes ei osutunud otstarbekaks, sest lina õitel putukaid peaaegu ei täheldatud. Üksikutel kordadel oli näha mesilasi, kes üritasid nektarile ligi pääseda õie alt, kroonlehe ja tupplehe vahelt. Kuigi lina pikk õitsemise aeg ning atraktiivsus looduslikele putukaliikidele on märgitud kui kasulikumaid omadusi (Mesilaste korjema...), siis antud katse seda ei kinnitanud. Põuastes tingimustes lõpetas lina õitsemise kõige kiiremini.



EMÜ katsepõllul läbiviidud kahe katse aasta (2017 ja 2018) tulemuste võrdlusel selgus, et üheaastaste seemnesegude õitsemisaja pikkus sõltub ilmastikust – 2017. aasta oli jahe ja sademete rohke, 2018. aasta kuum ja põuane. Segu nr 1 hakkas 2018. aastal õitsema ligi 20 päeva varem ja õitsemine lõppes ka kuu aega varem kui 2017. aastal (joonis 3). Mõlemal aastal hakkas taimikus esimesena õitsema tatar ja viimasena harilik kurgirohi. Jaheda ja vihmase suve tingimustes pakkus see segu mesilastele korjet veidi pikema perioodi vältel kui 2018. aastal. 2017. aasta andmetest selgus, et keerispea külvisenormi suurendamine segus vähendas umbrohtude arvukust ja biomassi. Selgus ka, et pinnakaetuse ja korjetaimede konkurentsivõime tõstmiseks umbrohtude suhtes peaks suurendama kõikide liikide külvisenorme. 2018. aasta katseandmed kinnitasid suurema külvisenormi vajalikkust ja seega tuleks kasutada 1,5 kuni 2 kordset normi.



**Joonis 3.** Segu nr. 1 (tatar, keerispea, kurgirohi) õitsemisperiood 2017. ja 2018. aastal.

Joonisel tähistavad numbrid 1, 2, 3 avanenud õite hulka taimikus: 1 - kuni 30% õitest on avanenud; 2 - 30–50% õitest on avanenud; 3 – täisõitsemine, õitest on avanenud 70–75 %).

### Kokkuvõte

Katsed üheaastaste korjetaimede segudega näitasid, et liikidest sobivad kõige paremini harilik kurgirohi, harilik keerispea ja harilik tatar vahekorras vastavalt 20:60:20% seemet puhaskülvinormist. Umbrohtumist aitab alla suruda kõikide liikide külvisenormi suurendamine, kasutades 1,5 kuni 2 kordset normi.

Üheaastaste korjetaimede segu peaks purustama ja mulda kündma enne seemnete valmimist, sest vastasel juhul tekib oht järgnevatel aastatel kasvatavate kultuuride umbrohtumiseks liikide isekülvi tõttu.

Kahe aasta kokkuvõttena külastasid meemesilased keerispea ja tatraga võrreldes vähem valge sinepi õisi. Lina kasutamine segudes ei osutunud otstarbekaks,

kuna põuastes tingimustes lõpetas see õitsemise kõige varem ning lina õitel putukaid peaaegu ei täheldatud. Samuti selgus, et Moldaavia tondipea ei sobi üheaastaste korjetaimede segudesse madala konkurentsivõime tõttu.

Üheaastaste korjetaimede segude kasvatamiseks sobib künnipõhine mullaharimine. Minimeeritud harimine sobib põldudele, kus umbrohtumise foon on madal.

## Tänuavaldus

Uurimistöö viidi läbi Maaeluministeeriumi toel Eesti maaelu arengukava 2014–2020 raames (projekt 8L160202PKTM).

## Kasutatud kirjandus

- Carreck, N.L., Williams, I.H. 1997. Observations on two commercial flower mixtures as food sources for beneficial insects in the UK. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 128, 397–403.
- Carreck, N.L., Williams, I.H. 2002. Food for insect pollinators on farmland: insect visits to flowers of annual seed mixtures. *Journal of Insect Conservation* 6: 13–23.
- Cooper J., Bärberi P., Sans Serra, X., Schreiner, K., Fließbach, A., Gatteringer, A. 2012. Reduced TILlage and green MANures for sustainable ORGanic cropping systems (TILMAN-ORG). A compilation of field and laboratory methods for use within the project TILMAN-ORG. 10–19.
- Corbet S.A., Williams I.H., Osborne, J.L. 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. *Bee World*; 72: 47-59.
- Pihlik, P. Mesilaste korjemaad ja meetaimed. [https://mesindus.ee/files/mesilaste\\_korjemaad\\_ja\\_meetaimed2](https://mesindus.ee/files/mesilaste_korjemaad_ja_meetaimed2) (vaadatud 10.11.2019)
- Riis, M., Karise, R. 2015. Mesilaste korjetaimed ja taimede tolmeldamine mesilaste abil. Eesti Mesinike Liit, Toim. K. Linask, Tallinn. 103 lk.



# Külvinormi ja sordi mõju põldherne saagile, proteiini-sisaldusele, proteiini saagile ja lamandumiskindlusele

Margit Olle

Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Olle, M. 2020. The effect of sowing rate and variety on yield, protein content, protein yield and lodging tolerance of field peas – Agronomy 2020.

Pea is an important human food crop. Green pea production worldwide in 2011 was 17 Mt and pea is grown on over 6.7 million hectares worldwide. Genotype has the most significant influence on the variability. Therefore the aim of experiments was to assess the effect of sowing rate and varieties on the yield and other phenotype characteristics under Nordic environmental conditions. The varieties were: Bruno, Capella, Clara, Kirke, Onward and Vitra. Two sowing rates were used: 1. 120 seeds per m<sup>2</sup> for all varieties; 2. 144 seeds per m<sup>2</sup> for all varieties (increased by 20%). From selected varieties the most stable one providing high yield was Kirke. Sowing rate has tendency to increase the yield of some varieties. Varieties with the highest protein content in our investigation were Bruno and Onward, lowest variety Clara. Some varieties increase protein content by higher sowing rate, while it depends on varieties and local agroclimatic conditions. Higher sowing rate has potential to increase protein yield. The variety Capella showed the most promising results. Varieties with suitable height in our investigation were: Bruno, Capella, Clara, Kirke and Onward. Variety Vitra was too high, was lodging easily and was therefore hard to harvest. **Final conclusion:** Suitable variety with suitable height, quite high protein yield and high yield is Kirke.

**Key words:** field pea, height, protein content, variety, yield

## Sissejuhatus

Hernes on toiduks oluline kultuur (Brezna et al., 2006). Rohelise herne toodang oli 2011. aastal kogu maailmas 17 miljonit tonni ja herneid kasvatati üle 6,7 miljoni hektari kogu maailmas (FAOSTAT, 2013). Herned on Euroopa Liidus (EL) enim kasvatatud kaunviljad (Olle et al, 2015).

See taim kuulub liblikõieliste perekonda. Hernes on pärit Vahemere ümbruskonnast ja Lähis-Idast.

Kaunviljade seemne ja biomassi saak varieerub suuresti, seda mõjutavad kasvu-koht koos mullastiku tingimustega, ilmastikuolud kasvuperioodil ja eri sortide saagikus (Olle et al., 2015).

Põldhernes on tähtis just proteiinisalduse tõttu. Põldherneste proteiinisaldus võib varieeruda järgmiselt: 21,4–23,9% (Saastamoinen et al, 2013), 20,5–22,1% (Jabeen et al, 1988), 15,8–32,1% (Pratap, 2011), 21,9–34,4. % (Bastianelli et al, 1998), 15,8 - 32,1% (Blixt, 1978), 20,6 - 27,3% (Burstin et al., 2007), 24 - 32,4% (Gabriel et al., 2008a, 2008b), 18,3 - 31% (Hedley, 2001). Harmankaya et al. (2010) leidsid, et üheksateistkümmne herne genotüübi proteiinisaldus varieerus vahemikus 21,13 kuni 27,05%, keskmiselt 23,89%, ja väitsid, et need proteiinisalduse erinevused olid tingitud geneetilistest ja keskkonnateguritest.

Põldherneste külvinormi mõjutavad sellised keskkonnategurid nagu sademed, niisutamine ja mullatüüp (Falloon, White, 1978).

Seetõttu oli katsete eesmärk hinnata külvinormide ja sortide mõju saagikusele, proteiinisaldusele ja lamandumiskindlusele Põhja-Euroopa keskkonnatingimustes.

## Materjal ja meetodika

Aastatel 2015 ja 2016 viidi Eesti Taimekasvatuse Instituudis läbi põldkatse erinevate põldherne sortidega. Sordid olid: Bruno, Capella, Clara, Kirke, Onward ja Vitra. Kasutati kahte külvinormi: 1. 120 seemet m<sup>2</sup> kohta (kontroll); 2. 144 seemet m<sup>2</sup> kohta (20% kõrgem külvinorm kontrollist).

Meie katses olid lehelised sordid Kirke, Onward ja Vitra ning poollehetud sordid Bruno, Capella ja Clara. Katse oli neljas korduses, katselappide paigutus oli randomiseeritud. Katselapi suurus oli 10 m<sup>2</sup>. 2015. aastal olid põllu mulla omadused järgnevad: mulla huumuse sisaldus oli 3,46% ja pH oli 6,29. Katsealal oli liivsavi lõimisega kamarkarbonaatne muld. Eelvili oli oder. 2016. aastal olid põllu mulla omadused järgnevad: mulla huumuse sisaldus oli 3,39% ja pH oli 6,22. Katsealal oli liivsavi lõimisega kamarkarbonaatne muld. Eelvili oli kaer. Künti 2014. aasta sügisel (2015. aasta kasvuperioodiks) ja 2015. aastal (2016. aasta kasvuperioodiks) ning enne mõlema aasta kasvuperioodi kultiveeriti kaks korda. Seeme külvati 1. mail 2015 ja 5. mail 2016 4 cm sügavusele. Taimede vahekaugus oli 12,5 × 6,7 cm.

Väetamine: Yara Mila 7-12-25 (300 kg ha<sup>-1</sup>) mõlemal aastal. 2015. aastal tõrjuti umbrohtu Activus 330 (pendimetaliin 330 g L<sup>-1</sup>) EC 1,5 l ha<sup>-1</sup> + Basagran 480 (bentazon 480 g L<sup>-1</sup>) 1,5 l ha<sup>-1</sup>, pritsiti 5. juunil 2015. 2016. aastal olid samad herbitsiidid, kuid esimese kogus oli 3 l ha<sup>-1</sup>, pritsiti 19. mail 2016. Putukate ja haiguste vastu tõrjemeetmeid ei rakendatud.

Jõgeva alevikus 2015 aastal olid ilmad keskmisest väga erinevad (külm kevad ja külm suvi), mõnel dekaadil oli liiga palju vihma ja mõnel dekaadil oli vähe vihma (tabel 1). Ka 2016. aasta ilm erines keskmisest (soe kevad ja külm suvi), mais pea-aegu vihma ei olnud ja juuni teisele dekaadile järgnes üsna vihmane kasvuperiood kuni koristamiseni (tabel 2).

Mõõdeti taime kõrgus (cm). Herned koristati vahemikus 20. – 28. august 2015 ja 2016. 4. – 24. august; kuivatati ja saagi andmed (niiskusesisaldusega 14-15%) registreeriti iga katselapi kohta ja arvutati lõpuks t ha<sup>-1</sup> kohta. Määrati proovide proteiinisaldus. Proteiinisalduse määramiseks kasutati Kjeldahli meetodit (EVS-EN-ISO 10520: 200). Programmi Agrobase abil töödeldi saadud andmed. Kasutatud märgid: \*\*\* p<0,001; \*\* p = 0,001 - 0,01; \* p = 0,01 - 0,05; NS pole oluline, p> 0,05. Fisheri LSD-test viidi läbi andmete alusel.

**Tabel 1.** Põldherne vegetatsiooniperioodi ilmastikuolud 2015. aastal Jõgeva meteoroloogiajaama järgi.

Kuu ja dekaad	Sademed, mm		Temperatuur, °C		
	Sademed, mm	Pikaajaline keskmine, sademed, mm	Maksimaalne temperatuur, °C	Keskmine temperatuur, °C	Pikaajaline keskmine, temperatuur, °C
Mai 1	26.7	11.6	18.6	9.4	9.6
Mai 2	6.0	17.8	18.9	9.7	10.7
Mai 3	9.9	19.0	19.8	11.6	12.4
Juuni 1	5.3	16.8	22.0	13.8	14
Juuni 2	15.6	33.6	23.8	13.9	14.2
Juuni 3	30.9	28.7	23.3	14.5	15.5
Juuli 1	21.0	21.9	28.1	17.3	16.7
Juuli 2	35.6	26.5	21.0	14.1	17.4
Juuli 3	20.6	27.4	24.5	15.5	17.2
August 1	11.9	34.3	28.8	17.4	17.1
August 2	3.9	26.4	29.0	15.2	15.6
August 3	17.8	32.3	26.3	15.9	14.3
September 1	48.0	20.6	19.7	12.7	12.3
September 2	4.5	18.0	22.0	13.4	10.3
September 3	9.0	21.6	22.3	10.8	9.2

**Tabel 2.** Põldherne vegetatsiooniperioodi ilmastikuolud 2016. aastal Jõgeva meteoroloogiajaama järgi.

Kuu ja dekaad	Sademed, mm		Temperatuur, °C		
	Sademed, mm	Pikaajaline keskmine, sademed, mm	Maksimaalne temperatuur, °C	Keskmine temperatuur, °C	Pikaajaline keskmine, temperatuur, °C
Mai 1	0.0	11.6	23.7	12.9	9.6
Mai 2	2.1	17.8	21.3	11.8	10.7
Mai 3	1.5	19.0	27.4	15.9	12.4
Juuni 1	10.6	16.8	27.5	13.8	14
Juuni 2	123.4	33.6	24.8	14.3	14.2
Juuni 3	28.0	28.7	30.5	18.9	15.5
Juuli 1	53.2	21.9	26.9	16.2	16.7
Juuli 2	13.5	26.5	23.2	17.1	17.4
Juuli 3	11.4	27.4	28.4	19.3	17.2
August 1	69.3	34.3	22.6	16.2	17.1
August 2	71.0	26.4	23.9	14.3	15.6
August 3	39.7	32.3	25.7	16.7	14.3
September 1	12.6	20.6	23.2	14.1	12.3
September 2	0.0	18.0	22.3	11.4	10.3

## Tulemused

Esimese külvinormi saak ( $t\ ha^{-1}$ ) oli vahemikus 2,28–4,64 ja teise külvinormi korral vahemikus 2,40–4,79 2015. aastal (tabel 3). Suurim saak oli sordil Bruno, millele järgnesid Kirke ja Vitra. Sortide Capella, Clara ja Kirke puhul suurenes saak teise külvinormi puhul.

Esimese külvinormi saak ( $t\ ha^{-1}$ ) oli 2016. aastal vahemikus 2,00–5,80 ja teise külvinormi korral 2,12–5,88 (tabel 3). Suurim saak oli sordil Clara, millele järgnesid Capella ja Kirke. Sortide Capella, Clara ja Kirke puhul esines tendents, et suurema külvinormi puhul suurenes saak.

Sortidest on kõige stabiilsema kõrge saagikusega sort Kirke. Külvinormil on kalduvus mõne sordi saaki suurendada, kuid see sõltub kohalikest agrokliimatilistest tingimustest.

Proteiinisaldus (% kuivaines) oli esimese külvinormi korral vahemikus 23,9–29,1 ja teise külvinormi korral vahemikus 23,7–30,1 2015. aastal (tabel 3). Suurim proteiinisaldus oli sordil Onward ja madalaim sordil Clara. Sortide Bruno, Capella, Onward ja Vitra proteiinisaldus suurenes teise külvinormi korral.

Proteiinisaldus (% kuivaines) oli esimese külvinormi korral vahemikus 24,0–30,1 ja teise külvinormi korral vahemikus 23,9–30,1 2016. aastal (tabel 3). Suurim proteiinisaldus tuli sortidest Onward ja Vitra; madalaim sordist Clara.

2015. ja 2016. aasta tulemused näitavad, et meie katses olid kõrgeima proteiini-saldusega sordid: Bruno ja Onward, madalaim sort Clara.

**Tabel 3.** Saak ( $t\ ha^{-1}$ ) ja proteiinisaldus (% kuivaines) vastavalt põldherne sortidele ja külvisenormile: 1. 120 seemet  $m^2$  kohta (kontroll); 2. 144 seemet  $m^2$  kohta (20% suurem külvinorm võrreldes kontrolliga).

	Kuivviljasaak ( $t\ ha^{-1}$ )				Proteiini sisaldus (%)			
	2015 külvinorm		2016 külvinorm		2015 külvinorm		2016 külvinorm	
Sordid	1	2	1	2	1	2	1	2
Bruno	4.643	4.608	2.389	2.335	25,925	27,025	28,825	28,475
Capella	2.908	3.703	4.51	4.819	24,650	25,625	25,375	25,750
Clara	3.295	4.47	5.798	5.876	23,925	23,725	24,000	23,925
Kirke	3.905	4.788	4.266	4.283	24,275	24,000	25,400	25,625
Onward	2.28	2.395	2.09	2.283	29,100	30,125	30,100	30,125
Vitra	4.025	3.998	1.998	2.116	26,950	27,675	30,025	29,150
LSD	0.6765		0.583		0,7615		0,6325	
p sort	***		***		***		***	
p külvinorm	**		NS		**		NS	
p s x kn	NS		NS		NS		NS	

Proteiini saak ( $t\ ha^{-1}$ ) esimese külvinormi korral oli vahemikus 0,66–1,20 ja teise külvinormi korral vahemikus 0,75–1,25 2015. aastal (tabel 4). Kõrgeim proteiini saak

saadi sortidelt Kirke ja Bruno. 20% suurem külvinorm suurendas sortide Capella, Clara ja Kirke proteiini saaki statistiliselt usutavalt vastavalt 24%, 25% ja 17%.

Proteiini saak ( $t\ ha^{-1}$ ) esimese külvinormi korral oli vahemikus 0,60–1,39 ja teise külvinormi korral vahemikus 0,62–1,41 2016. aastal (tabel 4). Kõrgeim proteiini saak saadi sortidelt Clara, Capella ja Kirke. 20% suurem külvinorm ei suurendanud proteiini saaki statistiliselt usutavalt, kuigi üsna suur oli proteiini saagi tõus 20% suurema külvinormi korral sordil Capella.

2015 ja 2016 aasta andmete põhjal võib järeldada, et 20% suurem külvinorm omab potentsiaali põldherene proteiini saagi tõstmisel. Kõige paremini reageerib sort Capella.

Põldherneste kõige sobivam kõrgus on vahemikus 60–100 cm, kuna sellise kõrgusega taimed tõrjuvad umbrohtu kõige tõhusamalt ja nad ka ei lamandu kergelt.

Taimekõrgus (cm) esimese külvinormi korral oli vahemikus 48,9–143,3 ja teise külvinormi korral vahemikus 60,3–153,7 2015. aastal (tabel 4). Kõrgeim taime kõrgus oli sordil Vitra ja madalaim sordidel Kirke ja Onward. Teise külvisenormi puhul olid sortide Bruno, Capella, Onward ja Vitra taimed kõrgemad.

Taimekõrgus (cm) oli esimese külvinormi korral vahemikus 73,3 kuni 200,0 ja teise külvinormi korral vahemikus 76,1–175,6 2016. aastal (tabel 4). Kõrgeim taime kõrgus oli sordil Vitra ja madalaim sordidel Capella, Kirke ja Onward. Sordil Vitra taime kõrgus vähenes teise külvinormi puhul.

**Tabel 4.** Proteiini saak ( $t\ ha^{-1}$ ) ja taimede kõrgus (cm) vastavalt põldherne sortidele ja külvisenormile: 1. 120 seemet  $m^2$  kohta (kontroll); 2. 144 seemet  $m^2$  kohta (20% suurem külvinorm võrreldes kontrolliga).

	Proteiini saak ( $t\ ha^{-1}$ )				Kõrgus (cm)			
	2015		2016		2015 külvinorm		2016 külvinorm	
Sordid	1	2	1	2	1	2	1	2
Bruno	1.20	1.25	0.69	0.66	73,38	85,48	107,13	110,00
Capella	0.72	0.95	1.14	1.24	56,58	69,65	84,38	76,13
Clara	0.79	1.06	1.39	1.41	64,73	72,73	92,38	88,00
Kirke	0.95	1.15	1.08	1.10	52,20	60,33	82,63	83,08
Onward	0.66	0.72	0.63	0.69	48,85	65,95	73,28	79,75
Vitra	1.08	1.11	0.60	0.62	143,25	153,68	200,00	175,63
LSD	0.1369		0.1036		9,9426		8,2210	
p sort	*		**		***		***	
p külvinorm	***		NS		***		*	
p s x kn	NS		NS		NS		**	

2015. ja 2016. aasta tulemused näitavad, et meie uuringus olid sobiva kõrgusega sordid: Bruno, Capella, Clara, Kirke ja Onward. Sort Vitra oli liiga kõrge, on hõlpsasti lamanduv ja seetõttu on seda raske koristada. Tulemustest võib järeldada, et külvinorm ei näidanud stabiilset suundumust taime kõrguse suurenemiseks või vähenemiseks.

## Arutelu

Antud uurimistöö näitas, et põldherne sortidest on stabiilsema kõrge saagikusega sort Kirke. Narits (2008) leidis, et poollehetutel sortidel on suurem saak, kuid see ei ilmnenud antud uurimistöös. Tõenäoliselt liiga külm kevad 2015. aastal ja liiga soe kevad, kus 2016. aastal peaaegu ei olnud vihma, lükkas seemne tärkamise edasi, mis vähendas saagipotentsiaali. Hea saagi saamiseks on oluline varajane kasv. Kaley ja Narits (2004) näitasid, et aastatel, mil ilmastikuolud soosisid vegetatiivset kasvu, andsid lehelised sordid kõrgemat saaki ja näitasid paremat kvaliteeti kui poollehetud sordid. Samuti kirjeldasid nad, et ebasoodsate ilmastikuolude aastal oli olukord vastupidine. Olle et al. (2015) mainisid, et ebasoodsad ilmastikuolud võivad saaki negatiivselt mõjutada.

Kliima, mulla tüübi, sortide ja agrotehnika erinevused võivad maailma erinevates osade riikides põldherne kasvatamisel põhjustada erinevat keemilist koostist. Antud uuringus saadud tulemused näitavad, et sordil oli oluline mõju proteiinisaldusele põldhernes. Samamoodi Olle et al. (2015) leidsid, et sordid erinesid proteiinisalduse poolest. Narits (2008) väitis, et põldhernes sisaldab keskmiselt 23% valku. Olle et al. (2015) näitasid, et kui põldherneid kasvatatakse seemneks eesmärgiga saada kõrge proteiinisaldus, on oluline tähelepanu pöörata lehe tüübile, kuna lehelised sordid on tavaliselt suurema proteiinisaldusega.

Antud uurimuses suurendas külvinorm mõne sordi saagikust, kuid see sõltub kohalikest agrokliimaatilistest tingimustest. Thandiwe ja Rickertsen (2011) kasutasid oma katsetes nelja sorti ja kuut külvinormi vahemikus 25 kuni 90 seemet m<sup>2</sup>, kasvav külvinorm suurendas taimede tihedust ja seemnesaaki. Sarnaselt Johnston et al. (2002) kirjeldasid, et ühe uuringuga tehti kindlaks, et vähem kui 100 taimega m<sup>2</sup> on herne saak umbrohtunud tingimustes alati vähenenud, eriti kui kasvatatakse poollehetuid püstiseid herne sorte ja optimaalne umbrohutõrje pole võimalik. Samal ajal White et al. (1982), tuginedes nende katsetele ja varem avaldatud töödele, tegid järgmised järeldused: Ilma niisutusest näib optimaalne 70 taime m<sup>2</sup>, niiskel pinnasel suureneb see 90 taimeni m<sup>2</sup>. Niisutamise korral võib tihedus tõusta 120–130 taime m<sup>2</sup>-ni, eriti kui saak koristatakse töötlemiseks roheliselt. Rea laius peaks olema 15 cm või vähem, kui külvikud võimaldavad kitsamat külvamist.

Türk et al. (2011) kasutasid järgmisi külvinorme: 75, 100, 125 ja 150 seemet m<sup>2</sup> kohta. Nad leidsid, et külvinormide suurenemine m<sup>2</sup> kohta suurendas kuivaine sisaldust saagis, kuid samal ajal ka seemnete proteiinisalduse vähenemise, mis on aga vastuolau antud uurimistöö tulemustega.

Madala külvinormiga põldherne taimik andis rohkem kaunu taime kohta ja rohkem seemneid ühe kauna kohta, ehkki see kompensatsioonimehhanism ei olnud piisav, et säilitada kõrge saagikus madala külvinormi korral. Parima majandusliku tulu andnud külvinormid varieerusid aasta-aastalt, kuid see trend olivähem märgatav, kui külvinormid olid suuremad kui 77 seemet m<sup>2</sup> (Thandiwe ja Rickertsen, 2011). Lisaks jõudsid Falloon ja White (1978) järeldusele, et reavahede suurendamisel suureneb hargnemine.

Seetõttu varieeruvad herneste soovitatavad külvinormid olenevalt sordist ja seemne suurusest. Mõne sordi puhul võib külvata madalama külvinormiga ilma saa-

gikust oluliselt vähendamata. Lisaks on leitud, et harude arv taime kohta kasvab koos külvinormi vähenemisega (Falloon, White, 1978).

Falloon ja White (1978) kirjeldasid, et külvinormi mõjutavad ka sellised keskkonnategurid nagu sademed, niisutamine ja mullatüüp, kuna mida soodsam on keskkond, seda kõrgem on optimaalne populatsioon. Suurem taimede tihedus pärsib umbrohu kasvu ja see oli nende uuringutes ilmne.

## Kokkuvõte

Sortidest on kõige stabiilsema kõrge saagikusega sort Kirke. Külvinormil on kalduvus mõne sordi saaki suurendada, kuid see sõltub kohalikest agrokliimaatilistest tingimustest.

Meie katses olid kõrgeima proteiinisaldusega sordid: Bruno ja Onward.

20% suurem külvinorm omab potentsiaali põldherene proteiini saagi tõstmisel. Kõige paremini reageerib sort Capella.

Meie uuringus olid sobiva kõrgusega sordid: Bruno, Capella, Clara, Kirke ja Onward. Külvinorm ei näidanud stabiilset suundumust taime kõrguse suurenemiseks või vähenemiseks.

Sobiva kõrguse, üsna kõrge proteiini saagiga ja hea saagikusega sort on Kirke.

## Tänuõnad

Uurimistööd toetas EL 7RP projekt EUROLEGUME nr. 613781.

## Kasutatud kirjandus

- Bastianelli, D., Grosjean, F., Peyronnet, C., Duparque, M., Régnier, J.M. 1998. Feeding value of pea (*Pisum sativum* L.) 1. Chemical composition of different categories of pea. - *Animal Science* 67, pp. 609-619.
- Blixt, S. 1978. Problems relating to pea breeding. - *Agri Hortique Genetica* 36, pp. 56-87.
- Brežna B., Hudecova L., Kuchta T. 2006. Detection of pea in food by real-time polymerase chain reaction (PCR). - *European Food Research and Technology* 222(5-6), pp. 600-603.
- Burstin, J., Marget, P., Huart, M., Moessner, A., Mangin, B., Duchene, C., Desprez, B., Munier-Jolain, N., Duc, G. 2007. Developmental genes have pleiotropic effects on plant morphology and source capacity, eventually impacting on seed protein content and productivity in pea. - *Plant Physiology* 144, pp. 768-781.
- Falloon, P. G. White, J. G. H. 1978. Effect of plant population on seed yield and yield components of field peas. - *Proceedings Agronomy Society of New Zealand* 8, pp. 27-30.
- Gabriel, I., Lessire, M., Juin, H., Burstin, J., Duc, G., Quillien, L., Thibault, J. N., Leconte, M., Hallouis, J. M., Ganier, P., Meziere, N., Seve, B. 2008a. Variation in seed protein digestion of different pea (*Pisum sativum* L.) genotypes by cecectomized broiler chickens: 1. endogenous amino acid losses, true digestibility and in vitro hydrolysis of proteins. - *Livestock Science* 113, pp. 251-261.
- Gabriel, I., Quillien, L., Cassecuelle, F., Marget, P., Juin, H., Lessire, M., Seve, B., Duc, G., Burstin, J. 2008b. Variation in seed protein digestion of different pea (*Pisum sativum* L.) genotypes by cecectomized broiler chickens: 2. Relation between in vivo protein di-



- gestibility and pea seed characteristics, and identification of resistant pea polypeptides. - *Livestock Science* 113, pp. 262-273.
- Harmankaya, M., Özcan, M. M., Karadas, S., Ceuhan, E. 2010. Protein and mineral contents of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes grown in Central Anatolian region of Turkey. - *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment* 1(2), pp. 159-165.
- Hedley, C.L. 2001. *Introduction in Carbohydrate in grain legume seeds*. (Ed. C.L. Hedley). 322 pp.
- Jabeen, T., Iqbal, P., Khalil, I. A. 1988 Amino acid and mineral composition of pea cultivars grown in Peshawar. - *Pakistan J. Agric. Res.* 9(2), pp. 171-175.
- Johnston A. M., Clayton, G. W., Lafond, G. P., Harker, K. N., Hogg, T. J., Johnson, E. N., May, W. E., McConnell, J. T. 2002. Field pea seeding management. - *Can. J. Plant Sci.* 82, pp. 639–644.
- Kalev S., Narits L. 2004. Ilmastiku mõju erinevat tüüpi põldhernesortide saagile ja saagi kvaliteedile. - *Agraarteadus*, 1, lk. 3-11.
- Narits L. 2008. Põldherne saak ja proteiinisaldus. - *Agronomia* 2008, lk. 63-66.
- Olle, M., Narits, L., Williams, I. H. 2015. The influence of variety on the yield and content of protein and nutrients of peas (*Pisum sativum*). - In: *Annual 21 st International Scientific Conference Research for Rural Development 2015*. Latvia University of Agriculture, pp. 45-50.
- Pratap, A. 2011. *Biology and breeding of food legumes*. Indian Institute of Pulses Research, 432 pp.
- Saastamoinen, M., Eurola, M., Hietaniemi, V. 2013. The Chemical Quality of Some Legumes, Peas, Fava Beans, Blue and White Lupins and Soybeans Cultivated in Finland. - *Journal of Agricultural Science and Technology B* 3, pp. 92-100.
- Thandiwe, N., Rickertsen J. 2011. Seeding Rate and Variety Effects on Yield, Yield Components, and Economic Return of Field Pea in the Northern Great Plains. - *Crop Management* 10(1), <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2011/pea/>, (accessed March 25, 2016).
- Türk, M., Albayrak, S., Yüksel, O. 2011. Effect of seeding rate on the forage yields and quality in pea cultivars of differing leaf types. - *Turkish Journal of Field Crops* 16(2), pp. 137-141.
- White, J. G. H. Sheath, G. W., Meijer, G. 1982 Yield of garden peas—field responses to variation in sowing rate and irrigation. - *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 10(2), pp. 155-160.



# Kompleksv etise Must P rl mõju kartuli saagikusele mahekatses

Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv

Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Tsahkna, A., Tähtjärv, T. 2020 The effect of complex fertilizer Black Pearl on potato yield in organic trial. – Agronomy 2020.

The list of fertilizers suitable for organic farming has increased in recent years (Agri Partner, 2019). Their skillful use improves plant nutrition and crop quality and also increases the yields. The aim of the research was to investigate the impact of the organic fertilizer Black Pearl on the yield of potato varieties and breeds in organic trial. The trial was carried out at the Estonian Crop Research Institute in 2019. The test showed that the yield of tubers in the variant fertilised with Black Pearl was significantly higher for all potato varieties than for the non-fertilized control.

**Keywords:** Black Pearl, tuber yield, potato variety, organic farming

## Sissejuhatus

Mahetootja põldude mullas peab valitsema harmoonia. Mahetootmine põhimõttel „k lvan ja l ikan” pole tänapäeval enam kuigi kestev põllumajandusliku tootmise viis. Tõstmaks saagikust, on vaja tunda oma p llumuldi, parandada nende viljakust ja oluline on ka õige viljavaheldus (<https://maaelu.postimees.ee/6464995/mahetootja-poldude-mullas-peab-valitsema-harmoonia>). Viimastel aastatel on suurenenud maheviljeluseks sobivate väetiste nimistu (Agri Partner, 2019). Nende oskuslikul kasutamisel paraneb taimede toiteelementidega varustus, suurenevad saagid ja paraneb saagi kvaliteet. Uurimistöö eesmärgiks oli uurida maheviljelusse lubatud kompleksväetise Must Pärl mõju kartulisortide ja –aretiste mugulasaagikusele mahetingimustes.

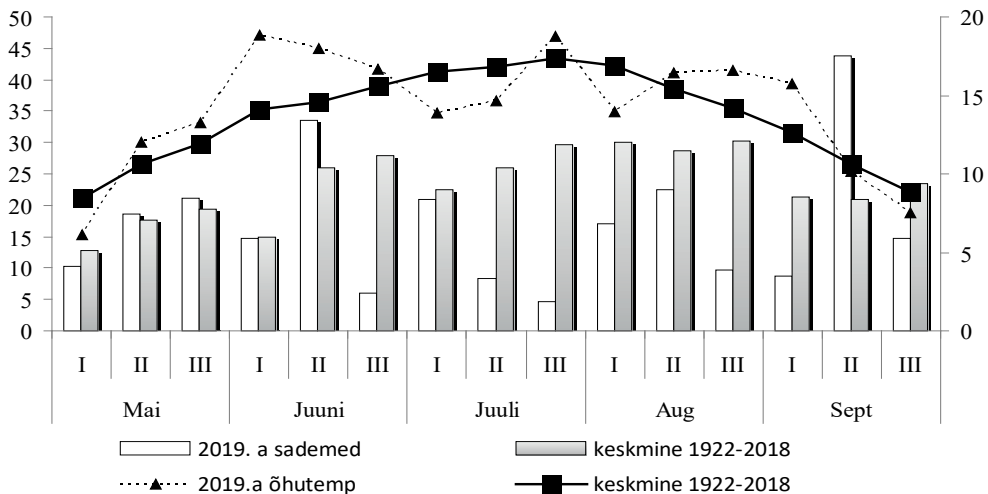
## Materjal ja metoodika

Mahekatse rajati 2019. aastal Jõgeval Eesti Taimakasvatuse Instituudi (ETKI) katsepõllul. Katse paiknes keskmise liivsavi l imiseiga leostunud mullal. Eelviljaks oli ristik, mis viidi sügiskünniga mulda. Kevadel põld kultiveeriti, siis s gavkobestati ja enne vagude ajamist kultiveeriti veelkord. Kartulipanek toimus 15.05. Katse rajati kahe variandiga: kompleksväetisega Must Pärl (BIOGAT G) ja v etiseta kontrollvariant. Mahapaneku ajal pandi vaku väetist Must Pärl normiga 300 kg ha<sup>-1</sup>. Must Pärl on mahekasvatuses lubatud kloorivaba kompleksv etis humiin- ja fulvohappe, lämmastiku, kaaliumiga, rikastatud väävli ja orgaaniliste ainetega (Agri Partner, 2019). Uurimistöös oli vaatluse all 10 kartulisorti ja 4 aretist, millel uuriti mugulasaagikust. Katse rajati kolmes korduses NNA (Nearest Neighbours Analyses) meetodit kasutades. Kartuli kasvuaegse hooldamisena mullati katset 3 korda: 30.05; 7.06; 18.06 ja äestati 2 korda: 31.05 ja 11.06. Mahekatset k blati enne teist ja kolmandat muldamist. Katse koristati 23.09. Katseandmed analüüsiti kahefaktorilise disper-

sioonianalüüsi meetodil (ANOVA, Fisher'i LSD test) statistikaprogrammi Agrobases (Agrobases™ 20 1999) abil, usalduspiirid 95% ( $PD_{0,05}$ ) tõenäosusega.

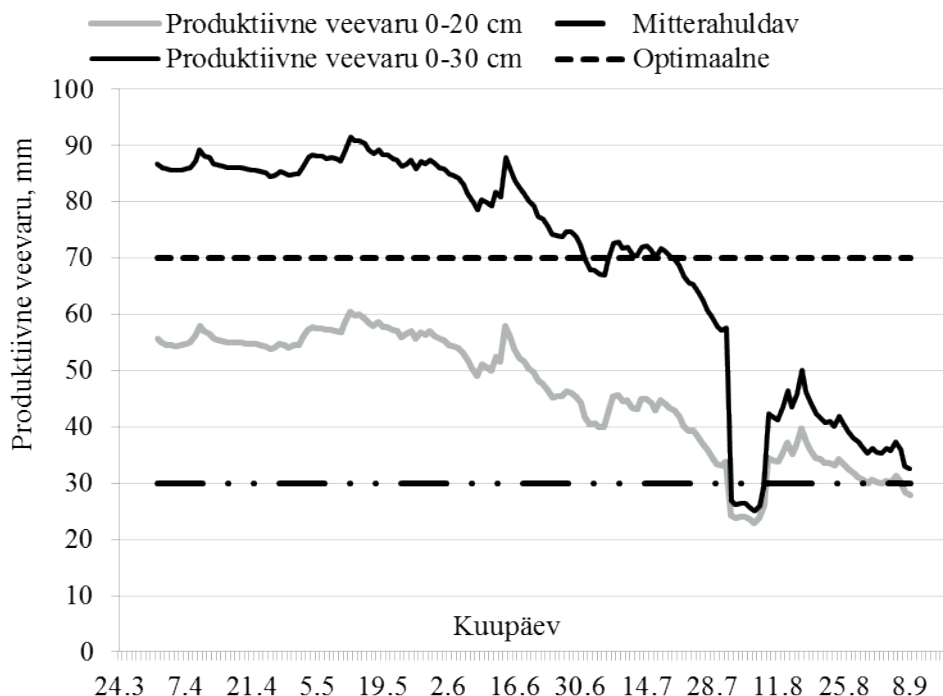
### Tulemused ja arutelu

2019. aasta taimekasvuperiood oli Jõgeval äärmiselt kuiv. Juunist augustini oli sademete summa Jõgeval vaid 138 mm. Kirjanduse andmetel tagab optimaalse mulla niiskuse liivsavimuldadel 300 mm sademeid, mis jaotuksid järgmiselt: juunis 70 mm, juulis 120 mm ja augustis 90 mm (kokku 280 mm) (Jõudu, 2002). Jõgeval on paljude aastate keskmisena tulnud sademeid samal perioodil 236 mm. Eriti vähe sademeid oli juuni III, juuli II ja III ning augusti III dekaadil (joonis 1), mis mõjutas kartulisaagi kujunemist. Kasvuperioodi õhutemperatuur Jõgeval alates mai keskelt kuni juuni lõpuni, juuli III dekaad ja augusti keskpaigast alates oli kõrgem, võrreldes paljude aastate keskmiste sama perioodi õhutemperatuuridega (joonis 1).



**Joonis 1.** Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Jõgeval kasvuperioodi vältel võrrelduna paljude aastate 1922–2019 keskmisega.

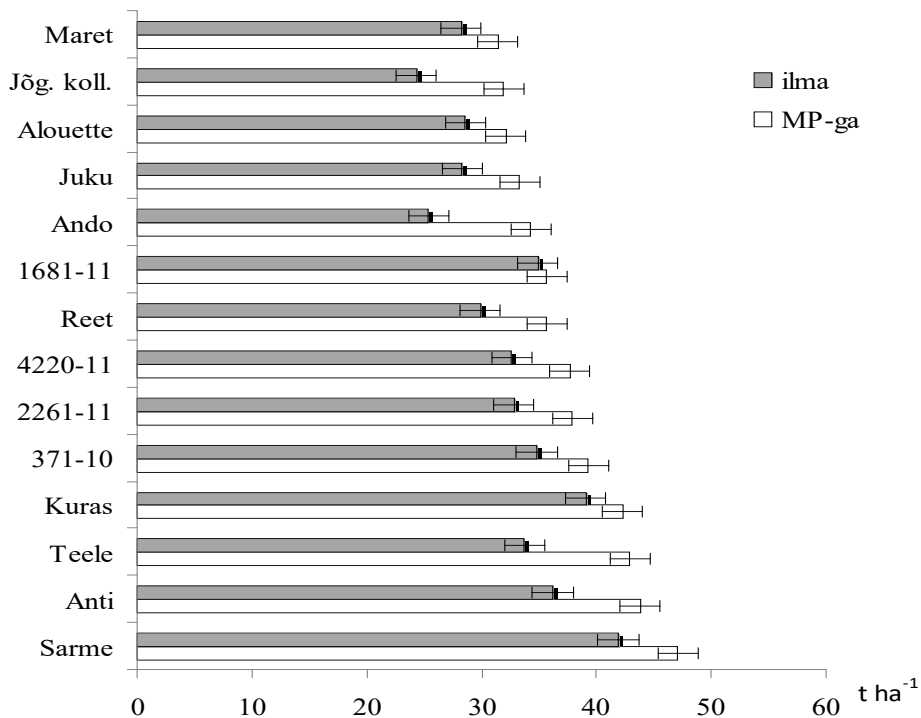
Mulla produktiivne veevaru 20 cm sügavusel oli alla optimaalse piiri kogu kartuli kasvuperioodi jooksul, langedes alla mitterahuldava taseme augusti alguses. Isegi 30 cm sügavusel langes produktiivne veevaru alla optimaalse taseme juuni lõpus ja jäi veelgi madalamale kuni kartuli kasvuperioodi lõpuni (joonis 2). Kui alguses kasvab kartuli taim emamugulas oleva vee arvel, siis hiljem võib ta seda teha moodustunud uute mugulate arvel. Vee kogunemine mugulatesse toimub põhiliselt öötundidel ja vihma perioodil (ka kastega). Kartul kasutab õhuniiskust paremini kui enamik teisi taimi ja on võimeline selle arvel katma teatud koguse veevajadusest (Jõudu, 2002). Sellega võib seletada 2019. kujunenud mugulasaagikust, mis oli kolmandiku kuni poole võrra suurem kui 2018. põuaaastal (Tähtjärvi, Tsahkna, 2019).



**Joonis 2.** Mulla produktiivne veevaru (mm) Jõgeval kasvuperioodi vältel 2019. a.

Mugulasaaki mõjutas tõenäoliselt ka eelviljaks olnud punane ristik, nagu on kirjeldanud Lauringson jt (2013) vahekultuuride katsete tulemustes. Kompleksväetis Must Päril aitab taimedel paremini omastada mullast toitaineid ja ergutab mikroorganismide tegevust mullas. Väetise mõjul areneb taimedel võimsam juurestik, lisaks säilib mullas paremini niiskus ja toimub kõikide toitainete ühtlasem laialikandumine (Agri Partner, 2019).

2019. aasta katsetulemustest selgus, et sortide ja aretiste mugulasaagikuste erinevused olid usutavad nii väetisega kui kontrollvariandis (joonis 3). Variantide vaheline erinevus oli usutav ( $PD_{0,05} = 1,33$ ,  $p < 0,05$ ). Siit järeldub, et Musta Pärliga väetatud variandis olid mugulasaagid usutavalt suuremad kui väetamata kontrollvariandis. Mugulasaagikuste vahe katsevariantide keskmiste vahel oli  $5,3 \text{ t ha}^{-1}$ , Musta Pärliga variandi kasuks. Kõige suurema mugulasaagikusega olid mahekatse väetisega variandis sordid: 'Sarme' ( $47,1 \text{ t ha}^{-1}$ ), 'Anti' ( $43,8 \text{ t ha}^{-1}$ ), 'Teele' ( $42,9 \text{ t ha}^{-1}$ ) ja 'Kuras' ( $42,3 \text{ t ha}^{-1}$ ). Kõige suurem mugulasaagikuse erinevus variantide vahel oli sortidel 'Teele' ( $9,2 \text{ t ha}^{-1}$ ), 'Ando' ( $8,9 \text{ t ha}^{-1}$ ), 'Jõgeva kollane' ja 'Anti' ( $7,6 \text{ t ha}^{-1}$ ). 2018. ja 2019. aastal, ei esinenud Jõgeval kartuli lehemädanikunakkust, mis võis kaasa aidata suuremate mugulasaakide moodustumisele, kuigi suurt rolli etendas siin kindlasti lehemädanikukindlamate sortide valik.



**Joonis 3.** Kartulisortide ja –aretiste mugulasaagikus ( $t\ ha^{-1}$ ) mahekatses 2019. aastal MP – Must Pärliga, ilma – kontrollvariant; ( $I - PD_{0,05} = 3,51$ ,  $p < 0,05$ )

### Kokkuvõte

Katsetulemustest selgus, et kompleksväetise Must Päril kasutamine mahekatses andis usutavalt suurema mugulasaagikuse kui väetamata kontrollvariant. Samuti olid usutavad erinevused katses olnud kartulisortide ja –aretiste vahel. Kõige suurema mugulasaagikusega olid väetisega variandis: ‘Sarne’, ‘Anti’, ‘Teele’ ja ‘Kuras’.

### Tänuavaldused

Uuringud on läbiviidud Riikliku uurimisprojekti: „Mahepõllumajanduses Eestis kasutamiseks sobivad sordid (2016–2020)“ raames.

### Kasutatud kirjandus

<https://maaelu.postimees.ee/6464995/mahetootja-poldude-mullas-peab-valitsema-harmoonia> (18.11.2019).

Agri Partner, 2018. <https://agripartner.ee/tootekategooria/vaetised/> (18.11.2019)

Jõudu, J. 2002. Kartuli kasvu mõjutavad tegurid ja mugulate moodustumine. – *Kartulikasvatust*, (Koostanud: J. Jõudu), Tartu, lk 74–77.

- Lauringson, E., Talgre, L., Makke, A. 2013. Varase punase ristiku ja hulgalehise lupiini kasutamisevõimalusi haljasväetisena. – *Agronoomia 2013*, Jõgeva, lk 74–81.
- Tähtjärv, T., Tsahkna, A. 2019. Kartulisortide ja – aretiste mugulasaak ja saagistruktuur mahe- ja tavaviljeluse katsetes 2018. aastal Jõgeval. – *Teaduselt põllumajandusele. Toimetised 2019*, Tartu, lk 142–146.

# Talirukki kasvatamine tava- ja mahetingimustes

Ilme Tupits

Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Tupits, I. 2020. Cultivation of winter rye in conventional and ecological conditions. – Agronomy 2020.

Winter rye as the least demanding crop concerning soil, more winter hardy than other winter cereals and less susceptible to the plant diseases, is appropriate for both conventional and organic farming. In the use of suitable agro technical methods, yield and grain quality of winter rye do not depend on the farming system.

The article outlines the results of variety trials at the Estonian Crop Research Institute across growing seasons of 2017–2019, in both conventional and organic farming system. The tests were carried out with population varieties of winter rye that had, by the tests of previous years, suitable of growing them in the conventional and organic farming. The comparison included the Estonian varieties ‘Elvi’, ‘Vambo’, ‘Sangaste’ and ‘Dankowskie Amber’ (Poland) from the Estonian Variety List. The first test year (2017) had cool weather with little sunshine and above average precipitation; the following two years (2018, 2019) were inversely very droughty. On an average, organic yields reached 90% of those of conventional yields. During the test years, the variety ‘Elvi’ demonstrated the most stable yield, while the Polish variety ‘Dankowskie Amber’ was susceptible to draught and snow mould and had most variable yields. The hectolitre and thousand kernel weight of the varieties depended less on farming system, however, were considerably impacted by weather conditions of the test years.

**Keywords:** winter rye, yield, grain quality

## Sissejuhatus

Igal sordil on omad kohastumuse piirid (Budzynski, et al., 2003). Kasvukoha mulla toitaineesisaldusest, külma- ja lumiseenekindlusest, erinevatest taimehaigustest, liigsademetest või põuast ning õhutemperatuuri kõikumistest tingitud stressis võib talirukki taime kasvatada ja areng pärssitud olla (Laine et al., 2004; Pahkala et al., 2004). Talirukki on kaheaastane taim, külvatud seeme vajab tärkamiseks toitaineid ja vett ning tärganud taimed enne külma saabumist juurdumist ja karastumist. Rukki taimed vajavad sügisel kasvuks ja arenguks fosforit ning võrsumise, haigus- ja külma-kindluse kujunemiseks kaaliumi (Starzycki, 1976; Hansen et al., 2004). Toitainete omastamine on efektiivne kui muld on parasniiske ja õhk soe. Talirukki vajab enam vett võrsumise ja loomise ajal (Roostalu, 2002), seepärast mõjub külviaegne või kevadine põud rukki saagikusele rohkem kui õitsemise järgne sademete puudus (Starzycki, 1976). Taliukki sobib kasvatamiseks nii tava- kui ka maheviljeluse tingimustes kui suhteliselt haigus- ja kahjurikindel ning umbrohtude levikut takistav kultuur. Rukki kasvatatakse hästi ka vähem viljakatel, kergema lõimisega, põuakartlikel ja kergelt happelistel muldadel. Uurimuse eesmärk oli talirukki sortide saagi ja terade kvaliteedi võrdlus erinevate ilmastikutingimustega aastatel tava- ja maheviljeluse tingimustes.

## Materjal ja metoodika

Katsed Eestis kasvatatavate talirukki populasioonsortidega toimusid aastatel 2017–2019 Eesti Taimekasvatuse Instituudi tava- ja maheviljeluse katsepõldudel. Mõlema viljelusviisi katsed olid kolmes korduses 5 m<sup>2</sup> randomiseeritud katselappidel, külvisenorm 500 idanevat tera m<sup>2</sup>. Talirukki katsed külvati 2016., 2017. ja 2018. a septembri esimestel päevadel. Katsetamiseks valiti populatioonsordid, mida eelnevate katsetulemuste põhjal soovitatakse kasvatamiseks tava- ja maheviljeluses. Võrreldi Eesti sordilehe sortide ‘Elvi’, ‘Vambo’, ‘Sangaste’ ja ‘Dankowskie Amber’ (Poola) saake, mahumassi (MM) ja 1000 tera massi (TTM).

Katseala mulda analüüsiti Põllumajandusuuringute Keskuse laboratooriumis. Analüüsides järgi oli tavakatse 2016. ja 2018. a põllu mulla pH<sub>KCl</sub> 6,2, fosforit (P) 116 mg kg<sup>-1</sup> ja kaaliumi sisaldus (K) 217 mg kg<sup>-1</sup>. Teisi elemente oli mullas järgmiselt: N 0,2%, Ca 1683 mg kg<sup>-1</sup>, Mg 161 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 1,1 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 116 mg kg<sup>-1</sup>, B 0,58 mg kg<sup>-1</sup>. 2017. a põllu mulla pH<sub>KCl</sub> oli 5,7, P 148 mg kg<sup>-1</sup> ja K 139 mg kg<sup>-1</sup>, N 0,14%, Ca 1413 mg kg<sup>-1</sup>, Mg 84 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 1,6 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 87 mg kg<sup>-1</sup> ning B 0,67 mg kg<sup>-1</sup>.

Mahekatse põllu saviliivmulla pH<sub>KCl</sub> oli 6,0, P 99 mg kg<sup>-1</sup> ja K 139 mg kg<sup>-1</sup> ning N sisaldus 0,2%, Ca 1927 mg kg<sup>-1</sup>, Mg 99 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 2,0 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 45 mg kg<sup>-1</sup>, B 0,84 mg kg<sup>-1</sup>, C<sub>org</sub> 2,5%.

Mulla analüüsimiseks kasutati järgmisi meetodeid: pH – ISO 10390 (International Standard, 2005); P, K, Ca, Mg, Cu, Mn – Mehlich III (Mehlich, 1984); B – Berger&Truorg method (Berger, Truorg, 1939); N – ISO 11261 (International Standard, 1995).

Talirukki külvi eel, 2016. a, väetati tavakatse põldu põhiväetisega (N<sub>7</sub>P<sub>12</sub>K<sub>25</sub>), kogus 300 kg ha<sup>-1</sup>, 2017. ja 2018. a N<sub>9</sub>P<sub>12</sub>K<sub>25</sub> kogusega 250 kg ha<sup>-1</sup>. Külvide eelvili oli põldhernes, mille mass purustati ja künti mulda kolm nädalat enne talirukki külvi. Tavakatseid pealtväetati kõigil aastatel ammooniumlämmastikuga, toimeaine N<sub>50</sub>, pärast vegetatsiooniperioodi algust. 2019. a kevadel väetati kuiva mulla ja lumiseene tõttu hõrenenud katselappe lisaks väävlit sisaldava väetisega (N<sub>11</sub>S<sub>12</sub>). Tavakatse külvid katseaastatel lehehaiguste tõrjet ei vajanud, sest 2017. a kasvuperiood oli taimahaiguste lööbimiseks jahe ning järgmistel aastatel põuane.

Tavakatses tõrjuti 2016. a sügisel umbrohtusid preparaadiga Boxer 800EC kulunormiga 2,5 l ha<sup>-1</sup> + 200 l vett. 2017. a preparaadiga Komplet, kulunormiga 0,5 l ha<sup>-1</sup> + 200 l vett. 2018. a sügisel, kuiva suve järel, põld umbrohtu tõrjet ei vajanud. 2017. a kevadel tõrjuti täiendavalt umbrohtu preparaadiga Atlantis, kulunormiga 0,9 l ha<sup>-1</sup> + 200 l vett. 2018. ja 2019. a kevadel katsepõldudel täiendavat tõrjet ei tehtud.

Mahekatse eelvili oli kõigil katseaastatel punane ristik, mille ädal purustati ja künti sisse. Katseid ei väetatud ning umbrohu- ja haigustõrjet ei tehtud.

Katsed koristati lapi kaupa, saak kuivatati ja sorteerimise järel saagid kaaluti ning tulemused arvutati ümber 14% niiskusesisaldusele. MM ja TTM määramiseks võeti igast saagikotist proovid. Katseandmed analüüsiti statistikaprogrammi Agrobases (Agrobases™ 20, 1999) abil. Saagiandmete piirdiferentsid arvutati 95% (PD<sub>0,05</sub>) tõenäosuse juures.

Talirukki 2016. a sügise kasvuperiood oli paljude aastate keskmisele (PAK) lähedase efektiivse soojuse (250 kraadi) ja 50 mm väiksema sademete hulga (PAK

189 mm). 2017. a talv oli keskmisest soojem ja lumevaene, kuid muld külmus enam kui poole meetri sügavuseni. Kevad oli päikesepaisteline ja väheste sademetega. Rukki loomise ja õitsemise eel sadas ainult 7,8 mm vihma (PAK 50 mm). Vegetatsiooniperiood oli keskmisest madalama õhutemperatuuriga (ef. temp. summa 1006 kraadi, PAK 1099), pilvine ja sajune (sademete summa 253 mm, PAK 291). 2018. a talveperiood oli talirukkile soodne, kuid kogu kasvuperiood kujunes ekstreemselt põuaseks (vegetatsiooniperioodi ef. t. summa 1146 kraadi, PAK 878). Vihma sadas 106 mm (PAK 234 mm). Sügisel tärkasid rukkikülvid ebaühtlaselt ja taimede areng oli sademete puudusel aeglane. 2019. a kevadel oli lumiseenele vastuvõtlikel sortidel palju lumiseent. Suvel põud jätkus ja vähendas rukki saaki (vegetatsiooniperioodi ef. t. 1019 kraadi, PAK 881). Sademete summa oli samal perioodil 142 mm (PAK 234 mm).

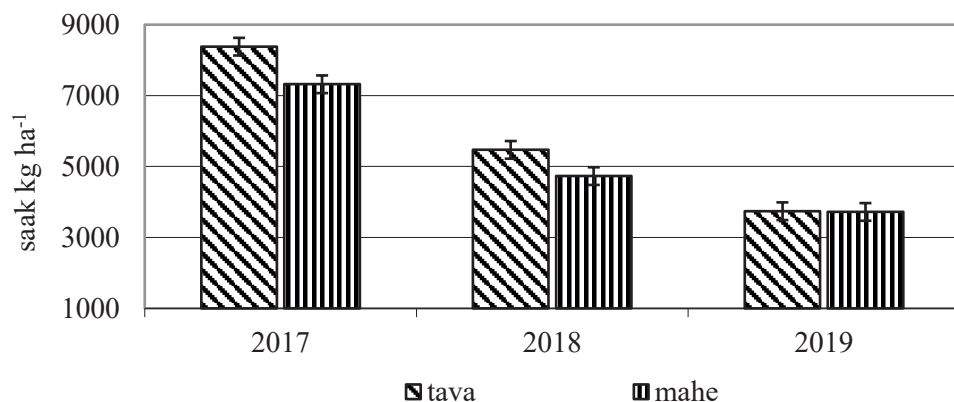
### Tulemused ja arutelu

Talirukki tavaviljeluse variandi kolme katseaasta (2017–2019) keskmine saak oli 5860 kg ha<sup>-1</sup> ja samal ajavahemikul mahekatses 5260 kg ha<sup>-1</sup> ehk mahepõllu saak moodustas tavakatse saagist 90% ( $R^2 = 0,89$ ;  $p < 0,001$ ). Jahedal ja küllaldase niiskusega 2017. a ületas tavakatse sortide keskmine saak kaheksa tonni ja mahekatses seitsme tonni piiri hektarilt. Põuasel 2018. a olid keskmised saagid vastavalt 5470 ja 4730 kg ha<sup>-1</sup>. 2019. a mõjutas mõlema viljelusviisi saake külvijärgne ebaühtlane tärkamine ja sortide 'Vambo' ja 'Dankowskie Amber' ulatuslik nakatumine lumise- enega, vastavalt 5,4 p ja 6,1 p (1 p – lumiseent ei esine, 9 p – taimik hävinud). Jätkuv põud mõjutas rukist veelgi ja saagitase jäi alla nelja tonni hektarilt mõlema viljelus- viisi puhul (joonis 1). Katsete suurim saak oli 2017. a, sordil 'Dankowskie Amber' 8480 kg ha<sup>-1</sup> ja 'Elvil' 8170 kg ha<sup>-1</sup>.

Katseaastate suurim keskmine saak oli mõlemas viljelusviisis sordil 'Elvi', vas- tavalt 6570 kg ha<sup>-1</sup> ja 5980 kg ha<sup>-1</sup>. Sortide 'Vambo' ja 'Dankowskie Amber' saak oli sarnane nii tava- kui ka mahekatses – 'Vambo' vastavalt 6090 ja 5280 kg ha<sup>-1</sup> ning 'Dankowskie Amber' 6030 ja 5310 kg ha<sup>-1</sup>. 'Sangaste' keskmised saagid olid väik- seimad, vastavalt 4750 ja 4460 kg ha<sup>-1</sup>.

Katseaastate keskmisena olulist saagitaseme erinevust viljelusviiside vahel ei esinenud ( $R^2 = 0,89$ ;  $p < 0,001$ ). 2017. a olid tavakatse saagid usutavalt suuremad kui maheviljeluse variandis. Põuastel aastatel viljelusviiside vahel usutavus puudus. Saagi suurust mõjutas enim katseaastate ilm, sarnased tulemused saadi ka varasema- tes katsetes (Tamm et al., 2016). Maheviljeluse variandis oli 'Elvi' saak kolme aasta keskmisena usutavalt suurem kui teistel sortidel. Katseaastate jooksul varieerus enim 'Dankowskie Amber' saak (3160–8480 kg ha<sup>-1</sup>) ja vähim 'Elvi' saak (4970–8170 kg ha<sup>-1</sup>), ( $R^2 = 0,91$ ;  $p < 0,001$ ).



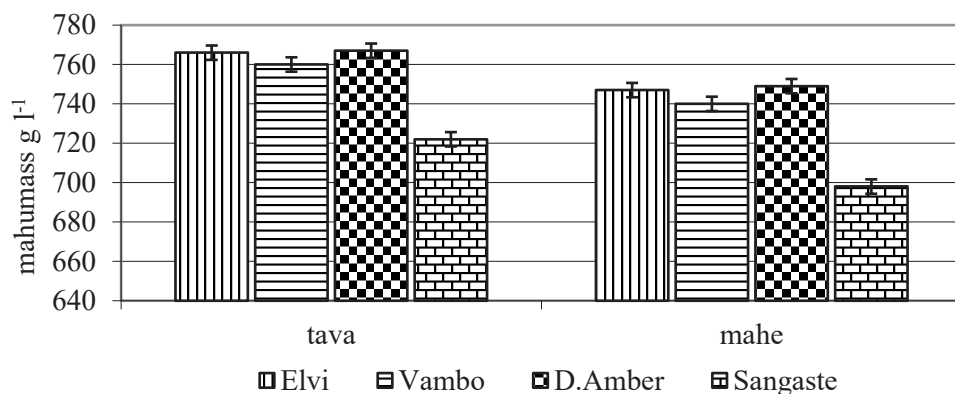


**Joonis 1.** Talirukki saagid (kg ha<sup>-1</sup>) kolmel aastal (2017–2019) Eesti Taimekasvatuse Instituudi tava- ja mahekatstes

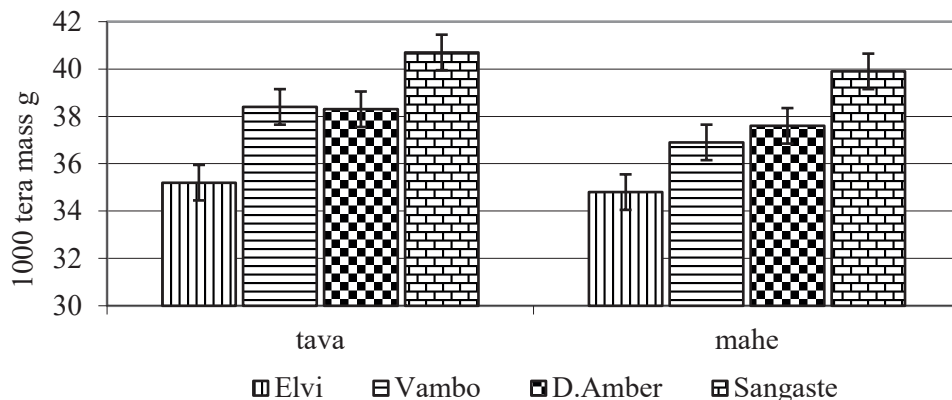
Katses esindatud sortide MM oli katseperioodil suur ja vastas kokkuostus esitatud nõuetele (700 g l<sup>-1</sup>) mõlemas viljelusviisis (Tartu Mill AS). Madalaim MM oli sortide keskmisena 2017. a, mil suhteliselt jahe ja päikesevaene kasvuperiood ning koristuseelsed rohked sademed ei soodustanud terade täitumist nii tava- kui mahekatstes, keskmised väärtused vastavalt 725 ja 707 g l<sup>-1</sup> ( $R^2 = 0,93$ ;  $p < 0,001$ ). Järgnevatel põuastel aastatel oli mahumass kõrge: 2018. a tavakatses 758 ja mahekatstes 752 g l<sup>-1</sup> ning 2019. a vastavalt 779 ja 742 g l<sup>-1</sup> (Ingver et al., 2018). Sortide 'Elvi' ja 'Dankowskie Amber' keskmine MM oli tavakatses vastavalt 766 ja 767 g l<sup>-1</sup> ning mahekatstes 747 ja 749 g l<sup>-1</sup> (joonis 2). 'Vambo' MM oli tavakatses 760 ja mahekatstes 740 g l<sup>-1</sup> ning 'Sangaste' MM oli vastavalt 722 ja 698 g l<sup>-1</sup>. Tavaviljeluse variandis olid sortide MM statistiliselt usutavalt suuremad kui maheviljeluses ( $R^2 = 0,93$ ;  $p < 0,001$ ).

Talirukki TTM on sordiomane tunnus ja sõltub kasvuaegsetest mullastiku- ja ilmastikutingimustest ning taimede fotosünteesi intensiivsusest. Päikesepaistelise ilmaga kasvanud rukki teradesse koguneb enam toitaineid ja sellistel aastatel on TTM suur (Hansen et al., 2004; Tupits, Sooväli, 2010). Katseaastatel oli sortide TTM kõikidel sortidel ja mõlema viljelusviisi katsetes väga suur, st üle 32 g. Suurim keskmine TTM oli 2019. a, varieerudes 38,4–44,9 g ( $R^2 = 0,85$ ;  $p < 0,001$ ).

Sordi 'Elvi' TTM oli tavakatses keskmiselt 35,2 ja mahekatstes 34,8 g (joonis 3). Sortide 'Vambo' ja 'Dankowskie Amber' TTM-d olid sarnased, tavakatses 38,3 g ja mahekatstes vastavalt 36,9 ja 37,5 g. 'Sangaste' TTM oli aastate keskmisena tavakat- ses 40,7 ja mahekatstes 39,9 g ( $R^2 = 0,92$ ;  $p < 0,001$ ).



**Joonis 2.** Talirukki sortide mahumass (g l<sup>-1</sup>) tava- ja maheviljeluse katsetes 2017–2019 aastatel Eesti Taimekasvatuse Instituudis



**Joonis 3.** Talirukki sortide 1000 tera mass (g) tava- ja maheviljeluse katsetes 2017–2019 aastatel Eesti Taimekasvatuse Instituudis

‘Sangaste’ TTM oli statistiliselt usutavalt suurem kui teistel sortidel mõlema viljelusviisi puhul ja sordil ‘Elvi’ usutavalt väiksem. ‘Vambo’ keskmine TTM oli mahekatsetes usutavalt väiksem kui tavakatsetes, teiste sortide TTM viljelusviiside vahel statistiliselt usutav vahe puudus.

## Kokkuvõte

Katses osalenud populatsioonisordid ‘Elvi’, ‘Vambo’, ‘Sangaste’ ja ‘Dankowskie Amber’ sobivad kasvatamiseks nii tava- kui ka maheviljeluse tingimustes. Katseaastate (2017–2019) ilmastikutingimused mõjutasid talirukki sortide saaki ja terade kvaliteeti mõlema viljelusviisi puhul. Maheviljeluse variandi sortide keskmine saak (5260 kg ha<sup>-1</sup>) moodustas tavaviljeluse saagist 90%. Stabiilseim saak oli katseaastate jooksul sordil ‘Elvi’ ja enim varieerus põuatudliku ja lumiseene nakkusele vastuvõt-

liku sordi 'Dankowskie Amber' saak. Sortide mahumass oli suur ja vastas kokkuostu nõuetele. Jaheda ja vihmase ilmaga kasvanud rukki mahumassid olid väiksemad kui põuastel aastatel kasvunud viljal. Tuhande tera masside suurus viljelusviisist ei sõltunud.

## Kasutatud kirjandus

- Agrobacter<sup>TM</sup> 20. 1999. The Software Solution for Plant Breeders. – *Addendum and Instructional Guide*. Winnipeg, Manitoba, 95 p.
- Berger, K.C., Truog, E. 1939. Boron determination in soils and plants. – *Industrial and Engineering Chemistry*, Analytical Edition 11, pp 540–545.
- Budzynski, W.S., Jankowski, K.J., Szemplinski, W. 2003. Cultivar-related and agronomic conditions of rye yielding on good rye soil suitability complex. Part I. Yield and its relationship with the yield components. – *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. Vol. 6, issue 1, series Agronomy. pp 1–12.
- Hansen, H.B., Moller, B., Andersen, S.B., Jorgensen, J.R., Hansen, A. 2004. Grain characteristics, chemical composition, and functional properties of rye (*Secale cereale* L.) as influenced by genotype and harvest year. – *Journal of agricultural and food chemistry* 52, pp 2282–2291.
- Ingver, A., Tamm, Ü., Tamm, I., Tamm, S., Tupits, I., Bender, A., Koppel, R., Narits, L., Koppel, M. 2019. Leguminous pre-crops improved quality of organic winter and spring cereals. – *Biological agriculture and horticulture*. Volume 35, issue 1, pp. 46–60.
- International Standard. 1995. ISO 11261. Soil quality – Determination of total nitrogen – *Modified Kjeldahl method*. 4 p.
- International Standard. 2005. Soil quality – Determination of pH. ISO 10390. – *International Organization for Standardization*. 7 p.
- Laine, A., Pahkala, K. 2004. Rukiin kylvöaikatutkimus 1987–1992. – *Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla*. Jokioinen, Finland. s 39–49.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. – *Communications in Soil Sciences and Plant Analysis* 15, pp 1409–1416.
- Pahkala, K., Laine, A., Vuorinen, M., Niskanen, M., Hakala, K., Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Avikainen, H., Eurola, M., Salmenkallio-Marttila, M. 2004. Kylvöajan ja kasvinsuojelun vaikutus rukiin versoutumiseen, sadonmuodostukseen ja laatuun. – *Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla*. Jokioinen, Finland. s 50–90.
- Roostalu, H. 2002. Põua mõju saagile. – *Maamajandus* 7'2002. lk 21–23.
- Starzycki, S. 1976. Diseases, pests, and physiology of rye. (ed). W. Bushuk. – *Rye: Chemistry and Technology*. St. Paul, Minnesota. pp 27–61.
- Tamm, I., Tamm, Ü., Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I., Bender, A., Tamm, S., Narits, L., Koppel, M. 2016. Different leguminous pre-crops increased yield of succeeding cereals in two consecutive years. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 66:7, 593–601.
- Tartu Mill AS. <http://tartumill.ee> (29.11.2019)
- Tupits, I., Sooväli, P. 2010. The occurrence and severity of rust diseases of winter rye varieties in Estonian conditions. (eds.) R. Koppel, S. Tamm, I. Tupits, A. Ingver, M. Oetjen. – *Agronomy Research*. vol 8. Special issue 3. Saku, pp 735–742.

## Taimekaitse

Plant protection

# Erinevate õietolmu määramise meetodite rakendamine tolmeldajate toidutaimede tuvastusel

Anna Bontšutsnaja<sup>1</sup>, Reet Karise<sup>1</sup>, Marika Mänd<sup>1</sup>, Guy Smagghe<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

<sup>2</sup> Genti Ülikooli bioteaduse rakendamise teaduskonna taimede ja põllukultuuride osakond

**Abstract.** Bontšutsnaja, A., Karise, R., Mänd, M., Smagghe, G. 2020. Pollinator food plant identification using different melissopalynology methods. – Agronomy 2020.

Pollen is the main food source for many important insect pollinators and their brood, and is necessary for the development of healthy and sustainable bee populations. Pollen forage availability is strongly affected by surrounding plant communities, especially in highly human-modified areas such as agricultural lands or urban areas. However, most of the pollinators are quite mobile organisms. It is known that bumble bees and honey bees can forage over large distances to look for sufficient food sources. Identification of forage plants in pollen allows us to obtain information about pollinator food preferences, surrounding habitat suitability, and pollination relevancy on entomophilous crops. Here we used classic pollen identification by light microscopy alongside a modern DNA meta-barcoding technique, in order to compare these two. The former provides us with the proportion of visited and collected plants, generally at the family level but also enables to distinguish between wild plants and crops, while the latter method describes samples at species level regardless of quantities. Therefore, light microscopy may be used for key food plant identification while also providing information about bee visitation rate to crops, which in some cases may not be recognized by DNA sequencing. At the same time, DNA meta-barcoding is a powerful tool for extensive samples and analyses. DNA meta-barcoding, as a novel technique, could still be upgraded and modified for different applications and for better performance. Depending upon the study setup, both methods may be used either separately or simultaneously for an extended knowledge of pollinators food preferences. A broader overview of pollinator ecology is an important prerequisite for practical conservation measures regarding pollination services.

**Keywords:** pollen, DNA meta-barcoding, light microscopy, bumble bees

## Sissejuhatus

Mitmekesine dieet on oluline enamikele elusorganismidele. Nende hulgas on ka tolmeldajad, kes vajavad võimalikult mitmekülgset toidubaasi. Mitmekesine toit tagab nii isendite kui perede korralik arengu, tugevdab immuunsust ja vastupanuvõimet erinevatele stressifaktoritele ning seeläbi arenevad ka jätkusuutlikud ja püsivad populatsioonid (Crone, Williams, 2016; Carvell jt., 2017; Häussler jt., 2017; Moerman jt., 2017; Brachmann jt., 2018). Tolmeldajate toitumisest rääkides peetakse esmatähtsaks eelkõige õietolmu, mis sisaldab vajalikke mineraale, lipiide, valku, aminohappeid ja teisi olulisi makro- ja mikroaineid (Kriesell jt., 2017). Taimedes sisalduv nektar on tolmeldajatele asendamatuks energia-allikaks ning seda nad kasutavad korjelendudel kütusena (Abrahamczyk jt., 2016). Tänapäevase rahvastiku kasvuga kaasneva põllumajanduse arengu ja laienemisega (United Nations, 2017) muutub märkimisväärselt ka tolmeldajatele kättesaadav elukeskkond. Tolmeldajate

heaolus ja kohanemises toimuvaid muudatusi on võimalik hinnata nende korje-eelistuste alusel (Wood jt., 2019).

Õietolmu taimeliigilike koosseisude määramist valgusmikroskoobi abil peetakse klassikaliseks meetodiks (Rahl, 2008). See võimaldab taimeliike määrata nii värselt korjatud kui ka kuivanud õietolmust, samuti meeproovidest. Ükshaaval käsitsi mesilasi püüdes tekib võimalus jälgida iga üksikisendi korjekäitumist ja toidutaimede eelistust, mistõttu on õietolmu kogumisel saadud andmeid rakendatud mitmete ökoloogiliste küsimuste lahendamisel. Mikroskoobiga määramisel tekib võimalus väljendada arvuliselt korjetaimede liigirikkust ja nende esinemise protsentuaalset suhet. See teadmine on ka põllumajanduses oluline, kus on näiteks tarvis teada, kas tolmeldajad soovitud kultuurtaime üldse külastavad. Valgusmikroskoobiga töötamine vajab eelteadmisi ja kogemusi, eriti õietolmu liigi tasemeni määramisel. Kuivõrd paljudel liikidel on õietolmutterade suurus, kuju ning väliskest küllalt sarnased, siis on neid omavahel raske eristada. Töö mahukuse tõttu määratakse taimi sageli vaid sugukonnani ning ei eristata liike.

Lähtudes aja kokkuhoiu põhimõttest aga ka parema määramistäpsuse vajadusest, võeti juba mitu aastakümnet tagasi proovide töötlemisel kasutusele DNA-põhine (*DNA meta-barcoding*) meetod. Praeguseks on see meetod leidnud laia rakenduse tolmeldajate ökoloogia valdkonnas (Pornon jt., 2016; Gous jt., 2018; Suchan jt., 2018) ning seda just tänu ülitäpsele taimeliikide määramisele. Kahjuks ei võimalda analüüsidega kaasnevad kulud ja algmaterjali minimaalse koguse piiratus teostada uuringuid ühe isendi tasemel. Samuti ei võimalda see meetod õietolmu liigilist koosseisu kvantitatiivselt hinnata. Lisaks sellele, DNA-põhise uuringu tulemusel valmiv taimeliike loetelu ei välista juhuslikult õitele kandunud (eelmisest õie külastajatest jäänud, õhust tulnud või töö käigus toimunud) õietolmutterade kaasamist. Teatud juhtudel võivad aga leitud õietolmu DNA kohta saadud andmed aga seletamatuks jääda, kuna DNA-põhised andmebaasid võivad olla puudulikud. Seega võiks arvata, et kahe meetodi samaaegne rakendamine annaks võimaluse oluliselt vähendada seniseid puudusi ning tõsta saadud tulemuste kvaliteeti.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on uurida kahe eelpool nimetatud meetodi kasutusvõimalusi sõltuvalt püstitatud küsimustest ning tulemuste täpsusest ja ulatusest.

## Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi 2017. aasta suvel Lõuna-Eesti viieteistkümmes asupaigas. Igale katsealale viidi karukimalase (*Bombus terrestris* L.) pesad (*Biobest* Belgia). Taru paigutati erinevatele katsealadele arvestusega, et igal neist oleks mõni entomofiilne kultuurtaim, näiteks aedmaasikas, raps või õunapuu. Õietolmu kämpusid korjati kahel päeval 3 kuni 5 päevase vahega ühe tunni jooksul tarru naasvatelt töökimalastelt. Kokku korjati 428 õietolmu proovi. Igalt isendilt korjatud mõlemad õietolmupallid pakiti paberümbrikutesse, mis märgistati vastavalt kuupäevale ja kohale. Seejärel kuivatati proovid toatemperatuuril. Pärast kuivatamist proovid kaaluti ja jagati edaspidiste analüüsides teostamiseks kaheks võrdseks osaks.

Valgusmikroskoobiga õietolmus sisalduvate taimeliikide määramiseks on oluline puhastada õietolmutera liigsest orgaanilisest ainest ning paljastada selle välispinna struktuur. Selleks töödeldi tolmuteri 99% äädikhappega. Õietolmuterade liigiline kuuluvus määrati valgusmikroskoobi (Olympus CX 31 RBSF) abil 400× suurendusega. Vajadusel kasutati ka 1000× suurendusega (Nikon H550L) valgusmikroskoopi. Hindamisel kasutati määrajaid „*Pollen terminology an illustrated handbook*“ (Hesse jt., 2009) ja „*Mediterranean melissopalynology*“ (D’Albore, 1998). Lisaks kasutati samal ajal õitsenud ja juba liigiliselt teada olevate taimede tolmuterade referentskogusid ning tolmuterade määramise avalikke andmebaase internetis. Enamasti määrati õietolm taimedel sugukondade tasemeni, kuid kuna kultuurtaimede õietolmu terad olid enamikul juhtudel hästi eristatavad, määrati need liigi tasemeni.

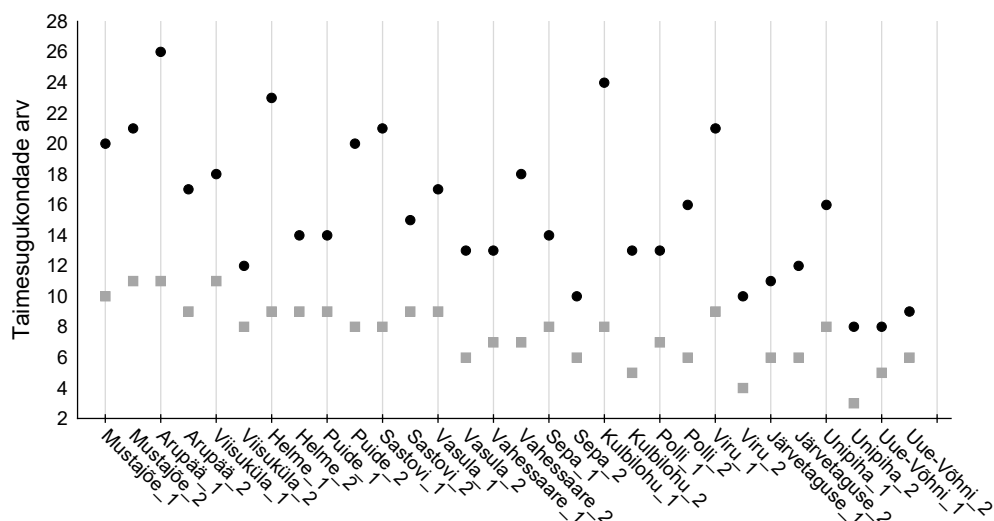
Selleks, et saada DNA analüüsi jaoks piisav algmaterjali kogus, segati kokku ühe taru isendeilt korjatud õietolm. Mõned tarud tuli ebapiisava õietolmu koguse pärast edaspidisest analüüsist välja jätta. Kokku tehti 54 proovil DNA analüüs. Kuiv õietolm homogeniseeriti ning sellest kasutati 0,025 mg edaspidiseks töötlemiseks. DNA eraldamiseks kasutati komplekti *Invisorb Spin Tissue Mini Kit* (Strattec molecular GMBH, Saksamaa) vastavalt Kozich jt. (2013) modifitseeritud protokollile. Polümeraasi ahelreaktsiooni (PCR) läbiviimiseks kasutati pärisuunalise ja vastassuunalise praimerid kordamata kombinatsioone, mis on vastavalt analoogne ITS2S ja ITS4 praimeriga. PCR produktide sekveneerimiseks kasutati Illumina MiSeq sekvenaatorit. Peale bioinformaatika võtete teostamist sisestati saadud esindusjärjestused BLASTn (*Basic Local Alignment Search Tool for nucleotides*) otsinguks NCBI (National Center for Biotechnology Information) andmebaasi.

## Tulemused ja arutelu

Valgusmikroskoobiga määrati 13 taime sugukonda. Neist DNA analüüsiga ei tuvastatud võhumõõgaliste (*Iridaceae*) ja männiliste (*Pinaceae*) sugukonna esindajaid. Siinjuures tuleb märkida, et valgusmikroskoobiga suudeti liigini määrata ainult 8 taimeliigi õietolm. DNA analüüsiga tuvastati 128 erinevat taimeliiki, mis kuulusid 37 erinevasse sugukonda. Neist 13 määrati ainult DNA meetodi abil. Ühe kuupäeva proovis leiti valgusmikroskoobi abil taru kohta maksimaalselt 8 ja DNA-analüüsiga 17 erinevat taime sugukonda (joonis 1). Sellesse tuleb arvata ka mõned tuultolmlevad taimed, mis võisid proovi sattuda lähikonnas kasvavate taimedelt juhuslikult ning tolmeldajad ei olnud neid külastanud. Näiteks võisid selleks olla männi (*Pinus*) või kase (*Betula*) ja kõrreliste (*Poaceae*) õietolmud, millest esimene määrati valgusmikroskoobiga ja teised leiti ainult DNA-meetodiga, just väga väikese esinemissageduse tõttu. Samas DNA analüüsiga leitud pajuliste (*Saliaceae*) ja tee-leheliste (*Plantaginaceae*) sugukondadesse kuuluvad taimed on teadaolevat väga väärtuslikud toiduallikad mitmetele tolmeldajate rühmadele (Saunders, 2018) teiste toiduessursside vähesuse tõttu eriti varakevadel. DNA-meetodiga leitud ning valgusmikroskoobiga mitte määratud sugukonnad on määratud üksikute õietolmute-

rade põhjal, seega ei ole nende esinemine märkamisväärne põhiliste toidutaimede tuvastamisel, kuid omab olulist rolli toidubaasi mitmekesisuse uurimisel.

DNA-analüüs annab rohkem informatsiooni õietolmus sisalduvate taimede liigilise koosseisu kohta, kuid nõuab arvuti poolt toodetud algse infomaterjali põhjalikku analüüsi (Richardson jt., 2015). Eelkõige võivad probleemiks osutuda võrdlus- ja mebaasi ebatäpsused ja seal leiduvate materjalide geograafilisest päritolust tekkivad piirangud, aga ka tolmeldajate korjekäitumisest tulenevad kõrvalekalded.



**Joonis 1.** Taime sugukondade arv, määratuna valgusmikroskoobi (hallid ruudud) ja DNA-analüüsi (mustad ringid) meetoditega 15 vaatluskohast kahel erineval kuupäeval (1 ja 2) korjatud õietolmust.

On teada, et ühe korjelennu ajal võivad mõned tolmeldajad külastada õisi nii nektari kui ka õietolmu korjamiseks (Somme jt., 2015). Peale selle võib külastatav õis olla „saastunud“ eelmiste tolmeldajate poolt kaasa toodud õietolmu osakestega, mis satub nüüd proovi. Sealhulgas võib ka õhus leviv õietolm sattuda analüüsi, nagu selgus ka meie proovidest. Mikroskoobimeetodi kasuks räägib fakt, et ainult selle meetodiga on võimalik õietolmus määrata kindlate taimede tegelikke osakaalusid. DNA analüüs näitab kui mitu korda oli ühes proovis ja üle kõikide proovide leitud sekveneeritud geeni osa, seega antud informatsiooni saab kasutada ainult suhteliste näitajana (Richardson jt., 2015 B).

DNA analüüsi täpsusele avaldab olulist mõju algmaterjali kogus. Kõikidelt isenditelt saadud õietolmukämpude üheks prooviks liitmisel või ka koguriga püütud meemesilastelt õietolmu varumisel ei teki vajalikus koguses materjali saamisega olulisi raskusi, kuid isendi tasemele minnes selle meetodi rakendamisel võib see koguste väiksuse tõttu osutada suureks takistuseks eelkõige erakmesilaste või kimalaste puhul.



## Kokkuvõte

Õietolmu määramine annab hea ülevaate mesilaste toiduvalikust, selle mitmekesisusest ja toiteväärtusest. See aitab hinnata korjekeskkonna seisundit ja sobivust, seega ka tolmeldajate heaolu ja jätkusuutlikkust. Seega on oluline klassikaliste taimeliike määramise meetodite kõrval kasutada ka tänapäevaseid tehnoloogiaid, mida edaspidi areneda ja täiendada kiiremate ja täpsemate tulemuste saamiseks.

## Tänuavaldused

Uurimistööd finantseerisid Haridus- ja teadusministeerium IUT 36-2, Eesti Teadusagentuur projekt RITA1/02-10 ja Eesti Põllumajandusuuringute Keskus „Kimalaste mitmekesisuse ja arvukuse uuring“ 2006–2018.

## Kasutatud kirjandus

- Abrahamczyk, S., Kessler, M., Hanley, D., Karger, D. N., Müller, M. P. J., Knauer, A. C., Humphreys, A. M. 2016. Pollinator adaptation and the evolution of floral nectar sugar composition. *Journal of Evolutionary Biology*.
- Brachmann, L., Hass, A. L., Behling, H., Batáry, P., Clough, Y., Tschardt, T. 2018. Maize-dominated landscapes reduce bumblebee colony growth through pollen diversity loss. *Journal of Applied Ecology*, **56**(2), 294–304.
- Carvell, C., Bourke, A. F. G., Dreier, S., Freeman, S. N., Hulmes, S., Jordan, W. C., Heard, M. S. 2017. Bumblebee family lineage survival is enhanced in high-quality landscapes. *Nature*, **543**(7646), 547–549.
- Crone, E. E., Williams, N. M. 2016. Bumble bee colony dynamics: Quantifying the importance of land use and floral resources for colony growth and queen production. *Ecology Letters*, **19**(4), 460–468. h
- D'Albore, G. R. 1998. *Mediterranean melissopalynology*. Perugia: Università degli studi di Perugia Facoltà di agraria Istituto di entomologia agraria.
- Gous, A., Swanevelder, D. Z. H. H., Eardley, C. D., Willows-Munro, S. 2018. Plant-pollinator interactions over time: Pollen metabarcoding from bees in a historic collection. *Evolutionary Applications*.
- Häussler, J., Sahlin, U., Baey, C., Smith, H. G., Clough, Y. 2017. Pollinator population size and pollination ecosystem service responses to enhancing floral and nesting resources. *Ecology and Evolution*, **7**(6).
- Hesse, M., Weber, M., Halbritter, H., Ulrich, S., Zetter, R., Buchner, R., Frosch-Radivo, A. 2009. *Pollen Terminology : an illustrated handbook*. Springer Vienna.
- Keller, A., Danner, N., Grimmer, G., Ankenbrand, M., von der Ohe, K., von der Ohe, W., Steffan-Dewenter, I. 2015. Evaluating multiplexed next-generation sequencing as a method in palynology for mixed pollen samples. *Plant Biology*, **17**(2), 558–566.
- Kriesell, L., Hilpert, A., Leonhardt, S. D. 2017. Different but the same: bumblebee species collect pollen of different plant sources but similar amino acid profiles. *Apidologie*, **48**(1), 102–116.
- Moerman, R., Vanderplanck, M., Fournier, D., Jacquemart, A.-L., Michez, D. 2017. Pollen nutrients better explain bumblebee colony development than pollen diversity. *Insect Conservation and Diversity*.
- NCBI <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> (21.12.2019)

- Pornon, A. A., Escaravage, N., Burrus, M., Holota, H. H., Khimoun, A. A., Mariette, J. J., Andalo, C. 2016. Using metabarcoding to reveal and quantify plant-pollinator interactions. *Scientific Reports*, **6**(1), 27282.
- Rahl, M. 2008. Microscopic Identification and Purity Determination of Pollen Grains (pp. 263–269). Humana Press.
- Richardson, R. T., Lin, C.-H., Quijia, J. O., Riusech, N. S., Goodell, K., Johnson, R. M. 2015B. Rank-Based Characterization of Pollen Assemblages Collected by Honey Bees Using a Multi-Locus Metabarcoding Approach. *Applications in Plant Sciences*, **3**(11), 1500043.
- Richardson, R. T., Lin, C.-H., Sponsler, D. B., Quijia, J. O., Goodell, K., Johnson, R. M. 2015. Application of ITS2 Metabarcoding to Determine the Provenance of Pollen Collected by Honey Bees in an Agroecosystem. *Applications in Plant Sciences*, **3**(1).
- Saunders, M. E. 2018. Insect pollinators collect pollen from wind-pollinated plants: implications for pollination ecology and sustainable agriculture. (L. Packer, Ed.), *Insect Conservation and Diversity*. Wiley/Blackwell.
- Sickel, W., Ankenbrand, M. J., Grimmer, G., Holzschuh, A., Härtel, S., Lanzen, J., Keller, A. 2015. Increased efficiency in identifying mixed pollen samples by meta-barcoding with a dual-indexing approach. *BMC Ecology*, **15**(1), 20.
- Somme, L., Vanderplanck, M., Michez, D., Lombaerde, I., Moerman, R., Wathelet, B., Jacquemart, A.-L. 2015. Pollen and nectar quality drive the major and minor floral choices of bumble bees. *Apidologie*, **46**(1), 92–106.
- Suchan, T., Talavera, G., Sáez, L., Ronikier, M., Vila, R. 2018. Pollen metabarcoding as a tool for tracking long-distance insect migrations. *Molecular Ecology Resources*.
- United Nations. 2017. *World Population Prospects The 2017 Revision Key Findings and Advance Tables. World Population Prospects The 2017*.
- Wood, T. J., Gibbs, J., Graham, K. K., Isaacs, R. 2019. Narrow pollen diets are associated with declining Midwestern bumble bee species. *Ecology*, **100**(6).
- Woodard, S. H., Jha, S. 2017. Wild bee nutritional ecology: predicting pollinator population dynamics, movement, and services from floral resources. *Current Opinion in Insect Science*.

## Hiilamardikad ristõielistel õlikultuuridel

Pille Jansen, Luule Metspalu, Angela Ploomi, Katrin Jõgar

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

**Abstract.** Jansen, P., Metspalu, L., Ploomi, A., Jõgar, K. 2020. Pollen beetles as oilseed rape pests. – Agronomy 2020.

Oilseed rape is a popular food and feed culture grown on large territories. It is important to find plant environmentally friendly protection strategies among which is the developing of suitable trap crops against main pests. We carried through an experiment in Eerika experimental field in Estonian University of Life Sciences in 2018. We tested five cultures: pak choi (*Brassica rapa* L. subsp. *chinensis* Just.), summer turnip rape (*B. rapa* L. var. *oleifera* subvar. *annua* L.), oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera* subvar. *annua* L.), oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metz), and tillage radish (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus* L. H. Bailey). We saw two species of pollen beetles – *Brassicoghetes aeneus* and *B. viridescens*. The main result of the experiment was that suitable trap crops for these oilseed rape pests are oilseed radish, tillage radish and summer turnip rape. To develop the trap crop system, these three plants should be tested further to protect the main plants from pollen beetle damages. It would help to decrease the use of chemical pesticides in protection of oilseed rape against pollen beetles.

**Keywords:** trap crops, pollen beetles, oilseed rape.

### Sissejuhatus

Taimetoidulised putukad põhjustavad suuri saagikadusid ja nende arvukuse kontrolli all hoidmine on põllumehel üks tähtsamatest ülesannetest. Kasutusel on mitmesugused taimekaitsevahendid ja -vahendid. Probleemaatiline on kahjuritõrjes pestitsiidide liigkasutus ja ebaõiged tõrjevõtted. Kahjustada saavad organismid, kelle vastu sellised tõrjemeetodid pole mõeldud ning inimeste ja teiste soojavereliste elukeskkond on saastunud, hävivad kasulikud tolmeldajad ja kahjurite looduslikud vaenlased (Metspalu, 2017). Kahjuritõrje selline pööre on seadnud inimeste ette alternatiivi – otsida kahjustajate piiramiseks meetodeid, kus tõrjutakse vaid kahjureid ning muu elustik ei kannata selle all (Parolin *et al.*, 2012). Sajandite kogemusest on teada, et keskkonnasõbralike meetoditega on võimalik kahjurite arvukust kontrollida nii, et nende arvukus hoitakse alla tõrje kriteeriumit (Luik, 2018). Kahjustajate ennetavas tõrjes on suur roll sellisel loodushoidlikul taimekaitsel, kus taimedele korraldatakse sobivad, kuid kahjuritele ebasobivad elutingimused. Üheks selliseks on tõrjeviis, kus hoitakse mitmekesisena põllupinnad, rakendatakse külvikordi ja säilitatakse ning soodustatakse kahjurite looduslikke vaenlasi. Piiratakse ka põldude suurust ja kasutatakse kahjurite meelitamiseks atraktiivseid või siis neid peletavaid taimi jm (Luik, 1997, 2012; Metspalu, 2017). Juba kaugetel aegadel tunti taimi, millega võis mõjutada putukaid ning mõisteti ka seda, et mitmed taimedes sisalduvad toimeained võivad olla tõhusad kahjurite arvukuse piirajad. Eelmise sajandi lõpupoole avastati, et paljud sellised toimeained mõjusid ka sellistele kahjustajatele, kes olid resistentsed sünteetilistele pestitsiididele (Metspalu 2017).

Paljudes riikides ületab naeri-hiilamardika (*Meligethes aeneus* Fab., sün. *Brasicogethes aeneus* Fab., Coleoptera: Nitulidae) arvukus tõrjekriteeriumit ning saagikadude ennetamiseks tehakse peamiselt keemilist tõrjet. Kuid naeri-hiilamardika insektsiidiresistentsusest kirjutati Poolas juba 1970. aastatel: vähenenud oli putuka tundlikus fosfororgaanilistele ja kloororgaanilistele ühenditele (Lacocy, 1977). Viimase paarikümne aasta jooksul on kogu Euroopas hiilamardikatel arenenud resistentsus ka püretroidide gruppi kuuluvate taimekaitsevahendite suhtes. Probleemi lahendamiseks suurendatakse doose ning pritsimiskordade arvu, mis toob kaasa keskkonnaseisundi halvenemise. Seetõttu on oluline naeri-hiilamardika tõrjeks leida alternatiivseid, keskkonnasäästlikke tõrjemeetodeid.

Üheks selliseks alternatiivseks tõrjestrategiaks on putukate käitumisega manipuleerimine, kus kasutatakse ära nende eelistusi teatud taimeliikidele. Putukad meelitatakse põhikultuuridelt ära nn. püüniskultuuridele (taimede) ning viiakse seejärel süsteemist välja.

Hiilamardikatele atraktiivsete taimeliikide leidmine ja võimalikult tulus raskendamine on hetkel näiteks maailma rapsikasvatuse piirkondades üheks uurimisobjektiks (Cook *et al.*, 2007; Williams, 2010; Eigenbrode *et al.*, 2016). Need mahuvad ökoloogilisse raamistikku, kus kahjuritõrje eesmärgil manipuleeritakse kahjurite elu- ja toidupaikadega (Cook *et al.* 2007).

Antud töö eesmärgiks oli määrata ristöielistel õlikultuuridel esinevate hiilamardikate liigiline koosseis ja arvukus ning hinnata nende atraktiivsuse võimalikke erinevusi võrreldes põhikultuurina käsitletava suvirapsiga.

## Materjal ja meetodika

### Katse korraldus

Põldkatse korraldati 2018. aasta suvel Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllul. Katses oli põhikultuurina suviraps (*Brassica napus* L. var. *oleifera* subvar. *annua* L.). Võrdluskultuurideks olid paksoi (*Brassica rapa* L. subsp. *chinensis* Jusl. syn. *B. campestris* L.), õlirõigas (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg), suvirüps (*B. rapa* L. var. *oleifera* subvar. *annua* L.) ja kesaredis (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus* L.H. Bailey). Iga katselapi suurus oli 2x2 m ning kõiki lappe ümbritses 1 m laiune taimikuvaba kaitseriba. Katse toimus kolmes korduses. Seemned külvati 14. mail. Kuivõrd paksoi on ruumimahukas kultuur siis otsekülv põllule pole otstarbekas. Antud katseaastal külvati paksoi seemned samuti 14 mail laboris külvitopsidesse ning istutati põllule 25. mail, kui nii põllule külvatud, kui ka pottides olevad paksoi taimed olid 1–2 pärislehe faasis.

### Katsematerjali kogumine ja määramine

Katseputukaid koguti 4. juulist, kui taimede areng oli jõudnud roheliste õiepungade faasi (53–61 BBCH) ning lõpetati 28. juulil viljumise faasis (67–71). Sellel perioodil on hiilamardikad kultuuridel realiseerimas paljunemise potentsiaali. Andmeid koguti kaks korda nädalas. Putukate püüdmiseks kasutati raputusmeetodit (Veromann *et al.*, 2012). Igalt katselapilt võeti juhuslikult 10 taimet, mille peavart löödi kolm korda

vastu valge kogumisnõu (280x220x90 mm) põhja. Anumasse kukkunud hiilamardikad koguti aspiraatoriga kokku ning pandi (iga katselapp eraldi) väikesesse suletavasse purki, mis markeeriti. Paksoilt korjati alguses putukaid iga katselapi kõikidelt taimedelt (igal katselapil oli 10 taime) aspiraatoriga (ekshaustriga), hiljem õievarsi raputades.

Katselapilt kogutud materjal viidi laborisse ning paigutati sügavkülma, kus neid hoiti kuni määramiseni. Proovid määrati morfoloogiliste tunnuste alusel liikideni binokulaar Olympus SZ-CTV (Olympus Optical Co. Ltd, Japan) abil ja loendati. Taimede kasvufaasid määrati 2 korda nädalas samal päeval kui koguti putukaid ning määramisel võeti aluseks Lancashire *et al.* (1991) koodide süsteem.

### Andmetöötlus

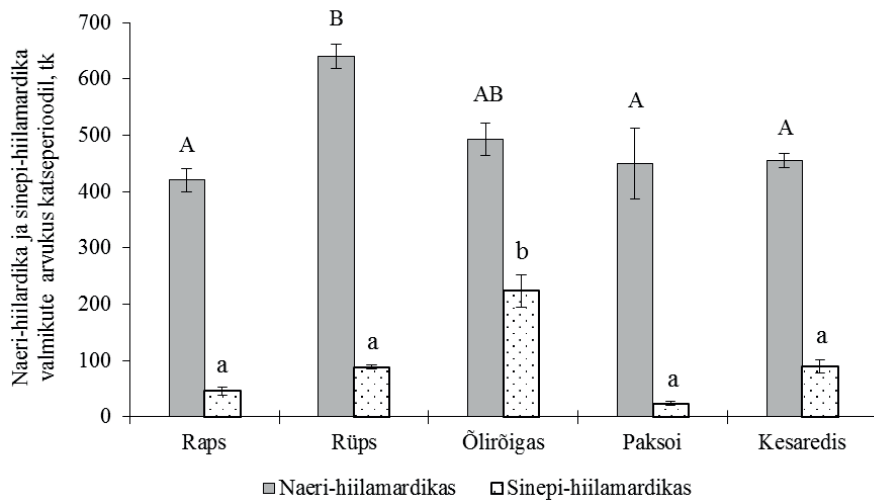
Andmebaaside moodustamiseks kasutati arvutiprogrammi Excel. Statistiline analüüs teostati Statistica 13.3 programmiga. Andmeid analüüsiti ühefaktorilise dispersioonanalüüsi (ANOVA) abil ning variantide võrdluses rakendati Tukey HSD testi ( $p < 0,05$ ).

### Tulemused ja arutelu

Katsealalt kogutud materjalis leiti kaks hiilamardika liiki – naeri-hiilamardikas (*B. aeneus*) ja sinepi-hiilamardikas (*B. viridescens*). Naeri-hiilamardikat püüti kogu katseperioodil kokku 7379 tk ning sinepi-hiilamardikat 1403 tk.

Katsetulemustest (joonis 1) selgus, et taimeliik oli naeri-hiilamardika arvukuse erinevustes statistiliselt oluline faktor (ANOVA;  $F_{4;10} = 6,430$ ;  $p = 0,008$ ). Taimeliikide omavaheline võrdlus (Tukey HSD test) kinnitas, et sellele kahjuriliigile oli rüps oluliselt atraktiivsem kui põhikultuurina käsitletav raps ( $p = 0,007$ ). Teistel katsekultuuridel rapsiga võrreldes püütud kahjuri arvus statistiliselt usaldusväärseid erinevusi ei olnud (kõikides võrdlustes  $p > 0,05$ ).

Püüniskultuuride omavahelisel võrdlusel selgus, et rüpsilt saadi usaldusväärselt rohkem naeri-hiilamardikat kui paksoilt ( $p < 0,01$ ) või kesarediselt ( $p = 0,02$ ). Rüpsi ja õlirõika võrdluses küll usaldusväärne erinevus puudus ( $p = 0,07$ ), kuid püütud naeri-hiilamardika valmikute arv oli siiski mõnevõrra suurem rüpsil. Selle kahjuri taimede valiku-alastest uuringutest oli ka varem teada, et paljudel juhtudel eelistas ta talirapsile talirüpsi (Cook *et al.*, 2007).



**Joonis 1.** Naeri- ja sinepi-hiilamardika valmikute korduste keskmise arv erinevatel katsekultuuridel. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (naeri-hiilamardikal suured tähed, sinepi-hiilamardikal väikeste tähed, Tukey HSD test;  $p < 0,05$ ). Joonisele on kantud standarddviiga

Antud katses, kus tegu oli rapsi ja rüpsi suvivormidega, saadi esmakordselt talivormidega sarnaseid tulemusi. Varasemates uuringutes pole suvirüpsi eelistused olnud märgatavad (Metspalu *et al.*, 2011; Kaasik *et al.*, 2014). Eelistuste põhjusi me päris täpselt ei tea, aga arvame, et üheks põhjuseks võis olla rüpsi teistest katsekultuuridest kiirem areng, mida soodustas veelgi katseaasta soe kevad. Selline ilmastik stimuleeris ka naeri-hiilamardika varem väljuma talvitumiselt ning asuma ligikaudu 3 nädalat kestvale küpsussöömale tavalisest varem. Tema munemisvajaduste rahuldamise ajaks oli kiire arenguga suvirüps jõudnud kahjurile kõige sobivamasse arengufaasi (rohelist ja kollast pungad), mistõttu kogunetigi suvirüpsile paljunema.

Sinepi-hiilamardika arvukuse analüüs näitas, et ka selle liigi puhul oli taimeliik kahjuri arvukuses statistiliselt oluline faktor (ANOVA;  $F_{4;10} = 29,186$ ;  $p = 0,000$ ). Taimeliikide omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test), selgus, et püüniskultuuridest oli sellele kahjuriliigile ülekaalukalt atraktiivsem õlirõigas, kusjuures kahjuri arvukus oli usaldusväärselt kõrgem rapsist ( $p = 0,000$ ), rüpsist ( $p = 0,000$ ), paksoist ( $p = 0,000$ ) ja kesaredisest ( $p = 0,000$ ). Kõigi teiste variantide omavahelises võrdluses statistiliselt usaldusväärne erinevus puudus (kõikides võrdlustes  $p > 0,05$ ). Tuleb märkida, et kõige vähem leiti seda liiki paksoilt, kogu katseperioodi jooksul kõikidest kordustest kokku vaid 24 isendit.

Varasematest uuringutest oli teada, et sinepi-hiilamardika arvukus moodustab Euroopas naeri-hiilamardika omast tavaliselt umbes 10% (Reddy, 2017). Invasiivse liigina on ta Kanada rapsipõldudel aga esikahjur (Mason *et al.*, 2003). Eestis on tema arvukus õlikultuuridel olnud aastate kaupa väga madal, mis tavaliselt moodustas vaid paar protsenti naeri-hiilamardikate arvust (Metspalu *et al.*, 2011; Veromann

*et al.*, 2012, 2014; Kaasik *et al.*, 2014). Ka katsele eelnenud aastal oli õlikultuuridel sinepi-hiilamardika arvukus naeri-hiilamardikaga võrreldes vaid paar protsenti (Jürgens, 2018). Antud töö tulemused on varasematest erinevad. Nagu märgitud, oli sinepi-hiilamardikas arvukas õlirõikal, kus ta moodustas peaaegu poole kogutud hiilamardikatest. Varasematel aastatel on seda liiki leitud peamiselt suvirapsilt, sest ta on naeri-hiilamardikast soojalembesem ja ilmub talvitumiselt hiljem ning lendluse alguseks arvatakse aega, kui päevased õhutemperatuurid on tõusnud üle 15 °C (Williams, 2010; Reddy, 2017). Meil on talirüps tema ilmunise ajaks juba õitsemist lõpetamas ning seetõttu teda sellelt liigilt tavaliselt ei leitagi (Metspalu *et al.*, 2011). Arvukuse võrdlemisel teiste rapsikasvatuspriirkondadega tuleb arvestada sellega, et Euroopa kes- ja lõunapoolsemates maades kasvatataksegi vaid talirapsi, millele ta tänu oma arengu omapärale enamasti ei jõuagi. Selle liigi toidutaimede valikust oli meil varem teada, et võrreldes naeri-hiilamardikaga ongi tema eelistused veidi erinevad ning tema esimeseks eelistuseks on olnud põldsinep (Metspalu *et al.* 2011).

## Kokkuvõte

Kõige arvukam kahjuriliik katseperioodil oli naeri-hiilamardikas, sinepi-hiilamardikas moodustas aga tema arvukusest paiguti kuni 45 %, mis on Eesti kohta uus teave. Kliima soojenemise tingimustes võib ka see hiilamardika liik muutuda meie õlikultuuridel arvestatavaks kahjuriks.

Rüps, tänu oma kiirele kasvule ja õlirõigas oma pikaajalisele õitsemisele võivad kujuneda naeri- ja sinepi-hiilamardikatele oluliseks lõksutaimeks. Uuringute jätkamisel saame põllumeestele anda kontrollitud ja põhjendatud nõuandeid kuidas, kelle vastu ja milliseid püüniskultuure kasutada.

## Tänuavaldused

Uurimust toetas IUT 36-2.

## Kasutatud kirjandus

- Cook, S.M., Rasmussen, H.B., Birkett, M., Woodcock, C.M., Murray, D.A., Pye B.J. 2007. Behavioural and chemical ecology of the success of turnip rape (*Brassica rapa*) trap crops in protecting oilseed rape (*Brassica napus*) from the pest *Meligethes aeneus*. – *Arthropod Plant Interactions* **1**, 57–67.
- Eigenbrode, S.D., Birch, A.N., Lindzey, S., Meadow, R., Snyder, W.E. 2016. REVIEW: A mechanistic framework to improve understanding and applications of push-pull systems in pest management. – *Journal of Applied Ecology* **53** (1), 201–212.
- Jürgens, S. 2018. Ristõieliste kultuuride sobivus olulisematele rapsikahjuritele ning parasitoididele. Magistritöö, EMÜ, 76 lk.
- Kaasik, R., Kovács, G., Metspalu, L., Williams, I.H., Veromann, E., Kaart, T. 2014. *Meligethes aeneus* oviposition preferences, larval parasitism rate and species composition of parasitoids on *Brassica nigra*, *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* compared with on *Brassica napus*. – *Biological Control* **69**, 65–71.



- Lakocy, A. 1977. The influence of some biological and ecological factors on the development of resistance to insecticides and on the course of chemical control of *Meligethes aeneus* F. in the Voivodships of Poznan and Wroclaw. – *Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roslin* **19** (1), 123–181.
- Lancashire P. D., Bleiholder H., Langeluddecke P., Stauss R., van den Boom T., Weber E., Witzten-Berger A. 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. – *Annals of Applied Biology* **119** (3), 561–601.
- Luik, A. 1997. *Taimedega kahjurite vastu*. Tartu: AS Tartumaa, 62 lk
- Luik, A. 2012. *Looduslikud vahendid mahepõllumajanduslikus taimekaitsetes*. Eesti Mahepõllumajanduslik Sihtasutus, 33 lk
- Luik, A. 2018. *Elurikkuse suurendamine ja loodushoidlik taimekaitse*. EMÜ Mahekeskus, 28 lk.
- Mason, P., Olfert, O., Shlucinski, Weiss, R.M. 2003. Actual and potential distribution of an invasive canola pest, *Meligethes viridescens* (Coleoptera: Nitidulidae) in Canada. – *The Canadian Entomologist* **135** (3), 405–413.
- Metspalu, L. 2017. *Taimedega kahjurite vastu*. OÜ Hea lugu, 192 lk.
- Metspalu, L., Williams, I.H., Jõgar, K., Ploomi, A., Hiiesaar, K., Lääniste, P., Švilponis, E., Mänd, M., Luik, A. 2011. Distribution of *Meligethes aeneus* (F.) and *M. viridescens* (F.) on cruciferous plants. – *Zemdirbyste - Agriculture* **98**, 27–34.
- Parolin, P., Bresch, C., Desneux, N., Brun, R., Bout, A., Boll, R., Poncet, C. 2012. Secondary plants used in biological control: a review. – *Integrated Journal of Pest Management* **58**, 91–100.
- Reddy, G.V.P. 2017. *Integrated Management of Insect Pests on Canola and Other Brassica Oilseed Crops*. - CABI.
- Schoonhoven, L.M., Jermy, T., van Loon, J.J.A. 1998. – *Insect-Plant Biology*. Chapman, Hall, London.
- Veromann, E., Kaasik, R., Kovacs, G., Metspalu, L., Williams, I.H., Mänd, M. 2014. Fatal attraction: search for dead-end trap crop for the pollen beetle (*Meligethes aeneus*). – *Arthropod-Plant Interactions* **8**, 373–381.
- Veromann, E., Metspalu, L., Williams, I.H., Hiiesaar, K., Mänd, M., Kaasik, R., Kovacs, G., Jõgar, K., Švilponis, E., Kivimägi, I., Ploomi, A., Luik, A. 2012. Relative attractiveness of *Brassica napus*, *Brassica nigra*, *Eruca sativa* and *Raphanus sativus* for pollen beetle (*Meligethes aeneus*) and their potential for use in trap cropping. – *Arthropod-Plant Interactions* **6** (3), 385–394.
- Williams, I.H. 2010. The major insect pests of oilseed rape in Europe and their management: An overview, pp 1–44. In: Williams, I.H. (editor). *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests*. Springer Dordrecht, Heidelberg, London, New York.



# Fungitsiidi resistentsust põhjustavate mutatsioonide levik odra põlde kahjustava patogeeni *Ramularia collo-cygni* Eesti populatsioonis

Marite Juurik<sup>1,2</sup>, Pille Sooväli<sup>1</sup>, Andres Mäe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eesti Taimakasvatuse Instituut.

<sup>2</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimakasvatuse ja taimebioloogia õppetool.

**Abstract.** Juurik, M., Sooväli, P., Mäe, A. 2020. Mutations in the target protein conferring resistance to QoI, DMI and SDHI fungicides in *Ramularia collo-cygni* population in Estonia – Agronomy 2020.

*Ramularia collo-cygni* (*Rcc*) is a devastating plant pathogen of barley with an increasing importance in Estonia. Quinone-outside inhibitors (QoIs), demethylation inhibitors (DMIs) and succinate dehydrogenase inhibitors (SDHIs) represent three major fungicide classes that are frequently used to control a broad range of relevant cereal pathogens. Evolved resistance to fungicides is frequently associated with point mutations which will lead to the substitutions in the amino acid sequence of the target protein. In recent years *Rcc* has acquired resistance to QoIs in addition to reduced efficacy of SDHI- and DMI-containing products has been observed in many European countries. In this study, we have investigated the frequency of QoI-, SDHI- and DMI-adapted isolates in Estonian population of *Rcc* and evaluated the underlying resistance mechanisms towards these fungicide classes. The populations of single spore isolates (17 in 2018 and 124 in 2019) of *Rcc* were isolated and investigated for mutations associated with fungicide resistance for all three major classes. The frequency of mutation G143A conferring cross resistance strobilurin (QoIs) class fungicides was high (83%) in Estonian *Rcc* population. Several mutations in the target genes of SDHIs were detected in the population of *Rcc* under investigation. The most dominant mutation was C-H146R but also some other mutations (C-H153R, C-H171G) were detected in the population. Screening for mutations in DMI targeted gene CYP51 revealed that three point mutations I381V, I384L, and S495T are predominant in Estonian *Rcc* population. As these are the first investigations giving the overview of the resistance mutations in *Rcc* population from the area these findings can serve as reference for future fungicide sensitivity investigations and for evaluation of changes in the Estonian *Rcc* population.

**Keywords.** fungicides, resistance, mutations, ramularia

## Sissejuhatus

Fungitsiidiresistentsuse probleemi kriitilisust fütopatogeensete seente hulgas hakati tajuma 2000. aastate alguses, kui fungitsiidiresistentsuse tase kerkis hüppeliselt mitme levinud fütopatogeense seene, sealhulgas ka odrapõlde kahjustava *Ramularia collo-cygni* populatsioonides. Nii suurenes ajavahemikus 2005-2007 strobiluriinide (QoI rühm) suhtes resistentsust põhjustavat mutatsiooni G143A sagedus märgatavalt üle kogu Euroopa (Fountaine et al. 2009). Fungitsiidide pidev ja tugev surve patogeeni populatsioonile on kiirendanud ka selliste mutatsioonide akumul eerumist, mis annavad neid kandvatele patogeenidele resistentsuse nii asooli (DMI rühm) (V136A, I381V, S524T) (Cools and Faaije, 2008; Rehfus et al., 2019) ja suksinaatdehüdrgenaasi (SDHI rühm) (C-H146R, C-H153R, C-H171G) (Rehfus et al., 2019) rühma

fungitsiidide suhtes. Esialgu ei peetud seda probleemiks, kuna resistentsuse tase oli madal ning uusi ja tõhusaid fungitsiide avastati pidevalt juurde. Kasvava ohumärgiks oli aga see, et sageli ei põhjustanud mutatsioonid resistentsust mitte ainult ühe fungitsiidi vaid sageli isegi kogu fungitsiidide rühma suhtes (Piotrowska et al., 2017). Nagu mitmed uurijad on näidanud, eluneb ramulariat tekitav seen seemne sees (Havis et al., 2014; Matusinsky et al., 2011), mis muudab keeruliseks fungitsiidi jõudmise seeneni ning seemnete puhtimise küsitavaks (Havis et al., 2015). Seega jääb *Ramularia* tõrjel otsustavaks lehestiku fungitsiidiga pritsimine.

Eestis isoleeriti *Rcc* esmakordselt suviadra sordilt “Maali” ja aretiselt SJ11609 2012. a. suvel (Sooväli et al., 2014). Kuid juba mõne aasta möödudes oli haigustekitaja levinud ka taliadra põldudele (Mäe et al. 2018). Tänapäeva fungitsiidides combineeritakse peamiselt kolme keemilise rühma ühendeid – asoole, strobiluriini ja suksinaat-dehüdrogenaasi inhibiitoreid. Alljärgnevalt on andtud ülevaade enamlevinud mutatsioonidest *Ramularia collo-cygni* populatsioonides aastatel 2018-2019.

## Materjal ja metoodika

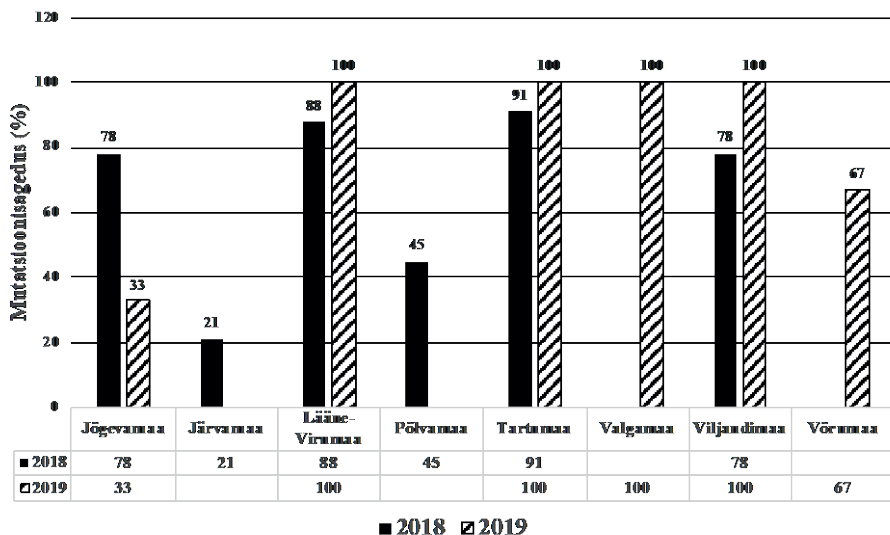
*Ramularia* proove koguti Jõgevamaa, Järvamaa, Lääne-Virumaa, Põlvamaa, Tartumaa, Valgamaa, Viljandimaa ja Võrumaa põldudelt 2018 ja 2019 a. Tüvede iseloomustamiseks viidi kõik kogutud isolaadid puhaskultuuri vastavalt Frei (2007) poolt kirjeldatud metoodikale. Strobiluriini resistentsust põhjustava mutatsiooni G143A määramiseks kasutati Matusinsky jt (2010) metoodikat, asooli resistentsust põhjustavate mutatsioonide geen *CYP51* kasutati metoodikat ja suksinaatdehüdrogenaaside suhtes resistentsust põhjustavate mutatsioonide *Sdh* geeni subühikus *SdhC* kasutati Piotrowska jt (2017) poolt kirjeldatud metoodikat. Sekveneerimisel saadud DNA nukleotiidseid järjestusi võrreldi BLASTN programmi abil andmebaasis olevate nukleotiidsete järjestustega (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

## Tulemused ja arutelu

Uurimustöö eesmärgiks oli tuvastada *Ramularia collo-cygni* populatsioonides toimuvad akumulunud fungitsiidiresistentsust põhjustavad mutatsioonid ja analüüsida kahel järjestikusel vegetatsiooni perioodil (2017/2018 ja 2018/2019) toimunud muutusi. Kuna põhiliseks resistentsuse tekke põhjuseks on mutatsioonid, mis muudavad märklaudvalgu tundetuks fungitsiidi suhtes, siis analüüsisime kõigi kolme fungitsiidi rühma märklaudvalkudes QoI (strobiluriinid), DMI (asoolid) ja SdhC (SDHI) resistentsust põhjustavate mutatsioonide olemasolu *Rcc* isolaatides.

### 1. Strobiluriini resistentsust põhjustav mutatsioon G143A.

Strobiluriinide nõrkuseks on väga kergesti tekkiv mutatsioon G143A märklaudvalgus CytB, mis annab kõrge resistentsuse kõigi selle rühma fungitsiidide suhtes. Joonisel 1 on toodud tulemused mutatsiooni G143A esinemise kohta *Rcc* populatsioonides 2018 ja 2019 a. Kokku analüüsiti 141 isolaati, 17 (2018 a.) ja 124 (2019 a.).

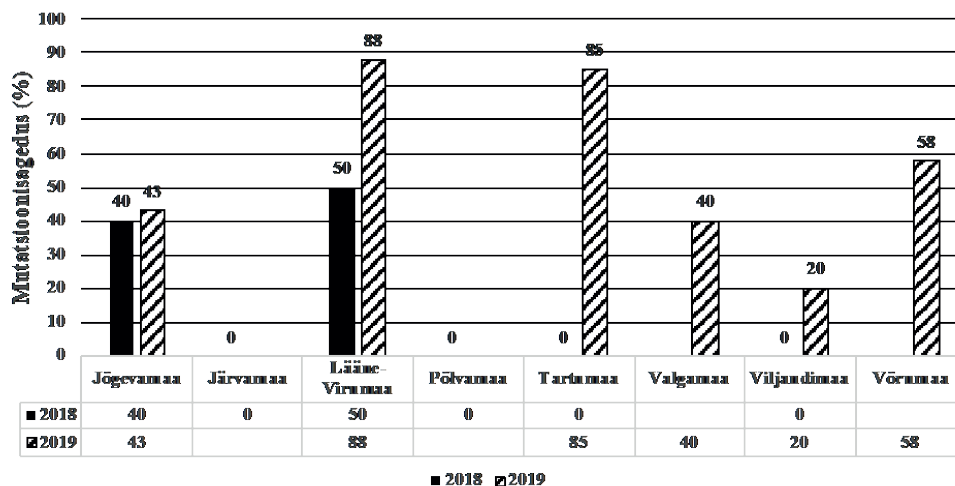


**Joonis 1.** Mutatsiooni G143A sagedus (%) *Rcc* populatsioonides kaheksas Eesti maakonnas 2018 ja 2019 a.

Analüüsi tulemused näitasid, et 2018 a. varieerus G143A mutatsiooni kandavte isolaatide hulk 21% Järvamaal 91% Tartumaal (Valgamaa ja Võrumaa põldudel *Rcc* isoleerida ei õnnestunud). Üle 50% sisaldasid G143A mutatsiooni Jõgevamaa, Lääne-Virumaa, Tartumaa ja Viljandimaa. Juba järgmisel aastal oli mutatsiooni sagedus neljas maakonnas juba 100% (Joonis 1.). Võrumaakonnas oli see 67% ja Jõgevamaakonnas oli see langenud 33%-ni (78% 2018 a.). Kahe aasta tulemused näitavad, et mutatsiooni G143A esinemise sagedus *Rcc* populatsioonis suureneb, mis võib olla seotud selliste preparaatide kasutamisega, mille koostisesse kuuluvad strobiluriinirühma ühendid (näiteks “Viverda” jt., mis sisaldab ühe toimeainena püraklostrobiini). Selle mutatsiooni, mis annab ristresistentsuse strobiluriinide suhtes, on levinud ka paljude teiste fütopatogeensete seente hulgas, Eestis näiteks *Zymoseptoria tritici* populatsioonis, kuid 2018 a. ei ületanud selle sagedusega 50 % (Mäe *et al.*, submitted for publication). Huvitav on mainida, et Eesti *Rcc* populatsioonis ei leitud mutatsioone F129L ja G137R, mis annavad osalise resistentsuse strobiluriinide suhtes.

## 2. SDHI resistentsust põhjustav mutatsioon C-H146R.

Resistentsuse suurenemine SDHI rühma fungitsiidide suhtes seostatakse kõige rohkem kolme mutatsiooniga SdhC valgus, C-H146R, C-H153R, C-H171G, milledest Eesti *Rcc* populatsioonis esines valdavalt ainult C-H146R (Joonis 2.).



**Joonis 2.** Mutatsiooni C-H146R sagedus (%) *Rcc* populatsioonides kaheksas Eesti maakonnas 2018 ja 2019 a. Tühjad ruudud näitavad, et *Rcc* nakkust ei esinenud.

Kui 2018 a. isolaatides esines C-H146R ainult Jõgevamaa ja Lääne-Virumaa isolaatides (alla 50%), siis juba aasta hiljem oli see mutatsioon levinud kõikides maakondades, välja arvatud Järvamaa ja Põlvamaa, kus *Rcc* isoleerida ei õnnestunud. Selgelt oli suurenenud mutatsioonisagedus Lääne-Virumaal ja ka Tartumaal, vastavalt 88% ja 85% (Joonis 2.). Mutatsioonid C-H153R, C-H171G esinesid madala sagedusega (3%) ainult Jõgevamaalt isoleeritud tüvedes. Mõlema aasta tulemuste võrdlusel on näha, et mutatsiooni C-H146R sagedus ja levikuala on oluliselt suurenenud. Mõlema aasta tulemused näitasid, et *Rcc* populatsioon akumuleerub mutatsioon C-H146R, ainukese erandi moodustavad Järvamaa ja Põlvamaa, kus see mutatsioon puudub. Piotrowska jt. (2017), näitasid, et mutatsioon C-H146R annab ristresistentsuse erinevate SDHI fungitsiidide suhtes. Lisaks näitasid Refhus jt. (2019), et sama mutatsioon on levinud paljudes Euroopa maades ja sellega kaasneb resistentsuse oluliselt suurenemine SDHI fungitsiidide suhtes. Arvestades mutatsiooni C-H146R laia levikuga, on ilmselt tegemist mutatsiooniga, mis ei mõjuta seda kandvate tüvede elumust ja säilib stabiilselt populatsioonis.

### 3. DMI resistentsust põhjustav mutatsioonid CYP51 geenid.

2018. ja 2019. aastal tehtud uuringud näitasid, et levinumad mutatsioonid

CYP51 valgus olid I381T, I384T ja S495T. Analüüsi tulemused näitasid, et kui mutatsioone I381T ja I384T kandvate isolaatide hulk varieerus 60 % Viljandimaal 100% Järvamaal, Lääne-Virumaal ja Põlvamaal, siis 2019 a. oli mõlema mutatsiooni sagedus vahemikus 83 – 100% (Table 1.)

**Tabel 1.** Mutatsioonide I381T, I384T ja S459T sagedus (%) *CYP51* geenis *Rcc* populatsioonides kaheksas Eesti maakonnas 2018 ja 2019 a.

Asukoht	Mutatsioonisagedus (%)					
	I381T		I384T		S459T	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Jõgevamaa	80	97	80	97	20	97
Järvamaa	100	-	100	-	0	-
L-Virumaa	100	100	100	100	0	100
Põlvamaa	100	h-	100	-	0	-
Tartumaa	66	100	66	100	30	100
Valgamaa	-	100	-	100	-	100
Viljandimaa	60	100	60	100	50	100
Võrumaa	-	83	-	83	-	83

\* - *Rcc* nakkust ei esinenud

Kui mutatsiooni S495T kanvate isolaatide arv varieerus 2018 a. 0% - 50%, siis 2019 a. varieerus see juba vahemikku 83% - 100% vahel. Kokkuvõtteks võib öelda, et kõigi kolme mutatsiooni sageduse oli 2019 a. võrreldes 2018 a. suurenenud (Tabel 1.).

Mõlema aasta tulemuste analüüs näitas, et mutatsioonid I381T ja I384T esinevad patogeeni genoomis alati koos. Mõlema mutatsiooni esinemist on kirjeldatud erinevates *Rcc* populatsioonides üle kogu Euroopa. Samas on näidatud, et nende kahe mutatsiooniga kaasneb alati ka kolmas mutatsioon, mis põhjustab aminohappe muutusi Y459C, G460V või Y461H *CYP51* valgus. Selline kolmikmutatsiooni kandev *Rcc* resistentsus on oluliselt suurenenud asool-rühma fungitsiidide suhtes (Reffhus et al., 2019). Seega ei ole välistatud et, ainult kahe mutatsiooni, I381T ja I384T, sisaldav valk annab küll resistentsuse fungitsiidide suhtes, kuid vähendab patogeeni elumust ja/või konkurentsivõimet. Kolmanda mutatsiooni lisandumine piirkonnas 459-461 säilitab fungitsiidiresistentsuse aga suurendab ka mutantide elumust/konkurentsivõimet. Kui võrrelda Eesti *Rcc* populatsioonis mutatsioonide spektrit *CYP51* valgus kahel järjestikusel aastal, siis on selgesti näha, et populatsioonid liiguvad suunas, kus *CYP51* kõik kolm mutatsiooni (I381, I384T, S459T) esinevad sama sagedusega. Kuna kombinatsiooni I381T I384T, S459T ei ole *Rcc* genoomis varem kirjeldatud, siis ei oska me praegu öelda, milline on selle genotüübi täpsem mõju patogeeni fungitsiidiresistentsusele.

## Kokkuvõte

Kuna resistentsuse teke on seente evolutsiooni üks osa, on resistentsuse likvideerimine kaheldav. Seega ei saa me mutatsioonide teket vältida, küll aga saame erineva toimeviisiga fungitsiidide kombineerimisel fungitsiidiresistentsuse teket maksimaalselt aeglustada. Populatsioonide pidev monitooring on vajalik, et õigeaegselt avas-

tada resistentsust põhjustavate mutatsioonide ilmumist ja teha vajalikke korrekture fungitsiidide kasutamisel.

## Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud Eesti Maaeluministeerium (RUP-031). Autorid tänavad ka Meelis Värnikut abi eest proovide kogumiseks sobivate viljapõldude valikul.

## Kasutatud kirjandus

- Cools, H.J, Fraaije, B.A. 2008. Are azole fungicides losing ground against Septoria wheat disease? Resistance mechanisms in *Mycosphaera-lla graminicola*. - *Pest Management Science* 64, pp. 681–684.
- Havis, N. D., Brown, J. K. M, Clemente, G., Frei, P., Jedryczka, M., Kaczmarek, J., Kaczmarek, M., Matusinsky, P., McGrann, G. R. D., Pereyra, S., Piotrowska, M., Sghyer, H., Tellier, A., and Hess, M. 2015. *Ramularia collo-cygni* - an emerging pathogen of barley crops. - *Phytopathology* 105, pp. 895-904.
- Havis, N.D., Nyman, M., Oxley, S.J.P. 2014. Evidence for seed transmission and symptomless growth of *Ramularia collo-cygni* in barley (*Hordeum vulgare*). - *Plant Pathology* 63, pp. 929–936.
- Fountaine, J.M, Fraaije, B.A. 2009. Development of QoI resistant alleles in populations of *Ramularia collo-cygni*. *Aspects Appiedl Biology* 92, pp. 123–126.
- Frei, P, Gindro K, Richter H, Schuërch S, 2007. Direct-PCR detection and epidemiology of *Ramularia collo-cygni* associated with barley necrotic leaf spots. - *Journal of Phytopathology* 155, pp. 281–288.
- Matusinsky, P., Leisova-Svobodova, L., Gubis, J., Hudcovicova, M., Klcova, L., et al. 2011. Impact of the seed-borne stage of *Ramularia collo-cygni* in barley seed. - *Journal of Plant Pathoogyl* 93, pp. 679–689.
- Matusinsky, P, Svobodova-Leisova, L, Marik, P, Tvaruzek, L, Stem-berkova, L, Hanusova, M, Minarikova, V, Vysohlidova, M, Spitzer, T. 2010. Frequency of a mutant allele of cytochrome b confer-ring resistance to QoI fungicides in the Czech population of *Ramularia collo-cygni*. - *Journal Plant Disease Protection* 117, pp. 248–252.
- Mäe, A., Pöllumaa, L., Sooväli, P. 2018. Early direct detection of latent *Ramularia collo-cygni* infection in winter barley grown in Estonia. *Agricultural and Food Science*, 27, pp. 138–145.
- Piotrowska, M.J., Fountaine, J.M., Ennos, R.A., Kaczmarek, M., Burnett, F.J. 2017. Characterisation of *Ramularia collo-cygni* laboratory mutants resistant to succinate dehydrogenase inhibitors. - *Pest Management Science* 73, pp. 1187–1196.
- Rehfuß, A., Matusinsky, P, Strobel, D., Bryson, R., Stammler, G. 2019. Mutations in target genes of succinate dehydrogenase inhibitors and demethylation inhibitors in *Ramularia collo-cygni* in Europe. - *Journal of Plant Diseases and Protection* 126, pp. 447–459.
- Sooväli, P., Tikhonova, M., Matusinsky, P. 2014. First report of ramularia leaf spot caused by *Ramularia collo-cygni* on leaves and seeds of barley in Estonia. - *Plant Disease* 98, pp. 997.

## Oa-teramardikas valib sorte

Triin Kallavus, Eha Kruus, Angela Ploomi, Luule Metspalu, Katrin Jõgar

Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut, taimetervise õppetool

**Abstract.** Karise, R., Kallavus, T., Kruus, E., Ploomi, A., Metspalu, L., Jõgar, K. 2020. The bean seed beetle selects certain varieties. – Agronomy 2020.

Due to the expansion of area under the cultivation of broad bean (*Vicia faba* L.) in Estonia, the population of the bean seed beetle, *Bruchus rufimanus* (Boheman) has been increasing recently. Small scale field experiment was performed in 2019 to determine the bean seed beetle preference of food plants within a range of the common broad bean varieties. After the harvest, the results indicate that the bean seed beetle had selected the variety 'Lynx', with 80% damage in seeds. The damage level reached only half of that in varieties 'Taifun' and 'Tiffany', with damage rate 44 and 39% respectively. Least acceptable were the varieties 'Jõgeva' (21%), 'Helbi' (21%) and 'White Windsor' (14%).

**Keywords:** *Bruchus rufimanus*, *Vicia faba*, broad bean varieties

### Sissejuhatus

Viimastel aastatel on Eestis seoses põldoa (*Vicia faba* L.) kasvupinna suurenemisega hakanud laialt levima oa-teramardikas (*Bruchus rufimanus* Boheman). Statistikaamet andmetel oli põldoa kasvupind Eestis 2015. aastal 9121 ha, 2016. aastal 16 525 ha, 2017. aastal 26 758 ha, 2018. aastal 17 079 ha ja 2019. aastal 11 061 ha (Põllumajandusmaa..., 2019). Pinnad vähenesid pärast 2017. aasta vihmast sügist, mis rikkus koristuskonveieri ning hilised oasordid jäid väga suurteil pindadel koristamata. Vaatamata kasvatusraskustele on tegu ikkagi perspektiivika kultuuriga, mis sobib hästi teraviljade eelviljaks. Põlduba kui liblikõieline kultuur mõjub hästi mulla viljakusele, sidudes mügarbakterite abil õhulämmastikku ja muutes selle kättesaadavaks järgnevatele kultuuridele. Põllul on kasvatamiseks eelistatud ühtlase valmimisega väikeseseemnelisi sorte, mida saab külvata tavalise teraviljakülvikuga. Kulinaarseks kasutamiseks võib valik-koristatud kaunu realiseerida värskelt alates kesksuvest, mistõttu sobivamad oasordid on indeterminantse (pideva) kasvuga ja suureseemnelised. Kuivatatuna sobivad inimtoiduks ka väikeseseemnelised kõrge proteiini- ja madala tanniini sisaldusega sordid.

Teramardikate emased suudavad munemispäiga valikul eristada peremeestaimi mitteperemeestaimedest (Mendesil et al., 2016). Oa-teramardikas on univoltiinne, st annab aastas ainult ühe põlvkonna. Emaste reproduktiivne diapaus lõpeb alles siis, kui mardikad saavad küpsussöömal taimeperekondate *Vicia* või *Lathyrus* õietolmu (Ward, 2018).

Põldoa kokkuostu toidukvaliteedi nõuded näevad ette, et putukakahjustuse tase ei tohi olla üle 2–3%, mistõttu oa-teramardika kahjustuse korral kaotab tootja üle 20% müügihinnast ka siis, kui saak õnnestub realiseerida söödaviljana.

Käesoleva uurimistöö ülesanne oli selgitada välja, kas oa-teramardikal on sordieelistusi ning mil määral kahjustatakse erinevate põldoasortide seemnesaaki.



## Materjal ja meetodika

Põldkatse viidi läbi 2019. aastal maist septembrini Eesti Maaülikooli (EMÜ) Eerika katsepõllul. Katsepõllul kasvatati 6 põldoa sorti ('Jõgeva', 'Helbi', 'White Windsor', 'Tiffany', 'Lynx', 'Taifun'). Katse oli 6 korduses, mis paigutati põllule juhuslikkuse alusel. Lapi suurus oli 0,7 x 2 m ja lappide vahe 15 cm. Katses kasutatud sortide kirjeldused on toodud tabelis 1.

Põldoa õitsemise perioodil kasutati putukate (nii kahjurite kui parasitoidide) püüdmiseks raputusmeetodit (Williams et al., 2003). Andmete kogumisega alustati 25. juunil ja seda korrati kord nädalas hommikupoolikuti. Viimane raputamine toimus 22. juulil. Igalt katselapilt võeti juhusliku valikuga 10 taime, mille peavart lõõdi 3 korda vastu valge kogumisnõu (280 x 220 x 90 mm) põhja. Anumasse kukkunud putukad koguti korgiga suletavasse markeeritud topsi. Putukatega topsid viidi EMÜ taimetervise õppetooli laborisse sügavkülmikusse, kus neid hoiti kuni määramiseni. Anuma põhja sattunud ripslased (Thysanoptera) koguti eraldi eksaustri abil ning neid säilitati kuni määramiseni piirituses Eppendorfi katsutites.

Oa-teramardika poolt kahjustatud seemnete hulk määrati peale kaunte kuivamist oktoobri alguses EMÜ taimetervise õppetooli laboris. Andmete korrastamiseks kasutati arvutiprogrammi Excel 2016. Statistilise analüüs teostati programmiga Statistica 13.2. Erinevused oa-teramardika arvukuses katsevariantidel leiti ühefaktorialise ANOVA abil, variantide võrdluses kasutati Fisher's LSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ).

**Tabel 1.** Katses olnud põldoa sortide kirjeldused

Sort	Päritolu	Seeme	1000 tera mass (g)*	Õitsemise algus külvist (p)*	Valmimine sordikirjelduse järgi	Märkused
'Jõgeva'	EE	väike	678	46	keskvalmiv	
'Helbi'	EE	suur	1580	38	varane kuni keskmine	säilitussort, köögivil
'White Windsor'	UK	suur	1652	38	keskhiline	köögivil
'Tiffany'	DE	väike	608	55	keskvarajane	madal vitsiini ja konvitsiini sisaldus
'Lynx'	DE	väike	582	66	keskhiline	uus saagikas haiguskindel
'Taifun'	DE	väike	634	63	keskvalmiv	vähendatud tanniinisaldus

\* - 2019 katseandmetel

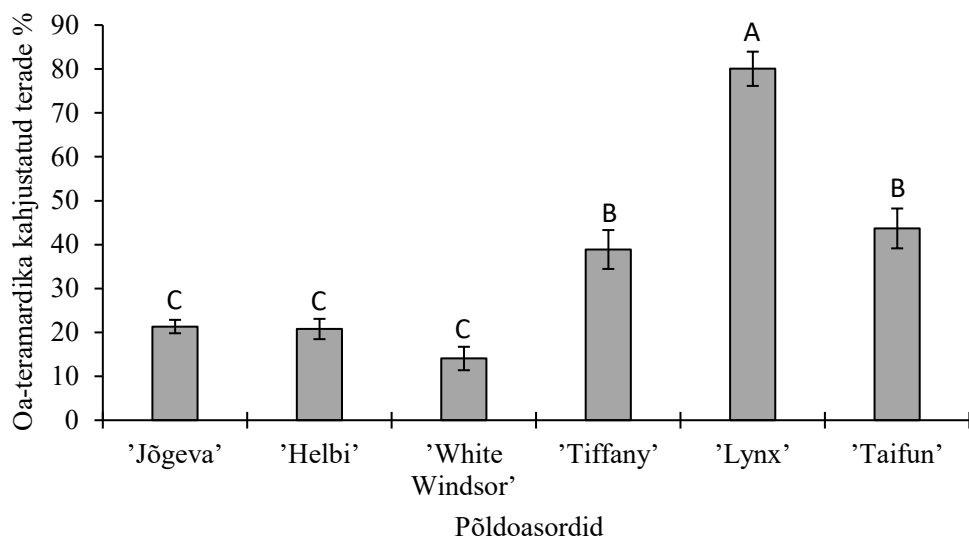
## Tulemused ja arutelu

Antud katse tulemustest selgus, et oa-teramardikas eelistas paljunemiseks oasorti 'Lynx', mille seemnetest oli 80% kahjustatud (joonis 1). Oa-teramardikas kahjustas selle sordiga võrreldes poole võrra vähem sorte 'Taifun' ja 'Tiffany', kahjustusprot-



sendid vastavalt 44 ja 39%. Kõige vähem eelistati järglaskonna kasvatamiseks sorte 'Jõgeva', 'Helbi' ja 'White Windsor', kus kahjustatud oli vastavalt 21, 21 ning 14 protsenti ubadest.

Kuigi kirjanduses on andmeid, et perekonda *Bruchus* kuuluvate teramardikate suhtes on resistentsemad väikesed kõvad ja proteiinirikkad seemned (Tsialtas et al., 2018), siis meie katse seda ei kinnitanud, sest kõige enam kahjustatud sort 'Lynx' on väikeseseemneline.



**Joonis 1.** Oa-teramardika kahjustus erinevatel põldoasortidel. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Fisher's LSD post-hoc test). Veajooned näitavad standardvigaga.

Üks võimalikest seletustest, miks oa-teramardikas meie katses eelistas muneamiseks väikeseseemnelisi uudissorte, on nende sortide hilisem õitsemine. Katse käigus tehtud väljapüügid näitasid, et oa-teramardika valmikumud asustasid kevadel küll varem õitsemist alustavaid sorte 'Helbi' ja 'White Windsor', kuid nende sortide seemnesaagi kahjustus jäi väiksemaks, võrreldes väikeseseemneliste ja hilise õitsemisalgusega sortidega. Kirjanduses on andmeid, et mardikad saavad pärast küpsussööma peremeestaimede õietolmul suguküpsiks juba mõne päeva jooksul. Eelduseks on ka see, et sellel ajal on arenguks sobiv päevapikkus ja temperatuur ületab 20°C (Roubinet, 2016). Meie katse andmestiku analüüs näitas, et ajavahe-  
mikus 1–15. juuli oli oa-teramardika arvukuses madalseis – püükides esines teda vähe või puudus hoopis (näiteks 15. juulil). Katseaasta ilmastikuandmed näitavad, et sellel ajavahemikul esines jahedam periood, mil keskmine temperatuur jäi oa-teramardika optimumist madalamaks. Alles juuli teisel poolel tõusid temperatuurid taas 20°C piiridesse, kuid et selleks ajaks olid varasemad sordid õitsemise lõpetanud. See võis olla üheks põhjuseks, miks mardikad läksid üle väikeseseemnelistele sortidele. Sordi 'Jõgeva' vähest kahjustust temperatuuri muutustega pole siiski võimalik

seletada, kuivõrd nimetatud sort oli jahedal perioodil juuli keskpaigas täisõitsemise lõpufaasis. Võime oletada, et sordil 'Jõgeva' on oa-teramardika suhtes mõningane resistentsus. Teaduslikult on tõestatud, et spetsiifiliste tunnuste (saagikus, seemne kvaliteet) suhtes parandatud sortidel võib kaduda teatav loomupärane resistentsus nii teramardikate kui ka teiste kahjurite vastu (Keneni et al., 2011; Chen et al., 2015). Teisalt on kirjeldatud, et emased oa-teramardikad munevad peamiselt õitsemist alustavate taimede kaunalgmetele (Ward, 2018). Et 'Jõgeva' oli õitsemist lõpetamas ning oa-teramardikale munemiseks sobivad kaunalgmed olid juba üle kasvanud, võis see olla üheks põhjuseks, miks kahjur pöördus hilisemate sortide poole.

Looduslikest vaenlastest teatakse oa-teramardika munadel mitmeid parasitoide ja röövtoidulisi. Meie katses esines parasitoide kõige enam sortidel 'Helbi' ja 'Windsor', mis andsid kiiresti suure lehemassi ja pakkusid ka taim- ning röövtoidulistele putukatele toitu ja elupaika. Sordil 'Lynx' esines madalaim lepatriinude arvukus, aga ka väiksem taimtoiduliste putukate st. saakloomade arvukus katseaastal. Nii looduslike parasitoidide kui röövtoiduliste lüljalgsete biotõrjepotentsiaali oa-teramardika vastu ja mõju oasaagile tuleb edaspidi täiendavalt uurida. Samuti tuleb tähelepanu alla võtta sordiomased mittelenduvad keemilised ühendid, mis võivad toimida deterrentidena ja mis mõjutavad munemisaktiivsust enam kui stimulandid (Mendesil et al., 2016).

## Kokkuvõte

Katsetulemustest selgus, et oa-teramardikal oli antud katses olnud sortide hulgas eelistusi. Kõige rohkem kahjustati keskhilist oasorti 'Lynx'. Tööst järeldame, et oa-teramardika valmik toitub varemõitsevatel sortidel, kuid munema läheb hiljem õitsemist alustavatele oasortidele. Sortide võrdluskatseid tuleb jätkata, pöörates erilist tähelepanu ilmastiku mõjule oa-teramardika käitumisele, et parandada teadmussi ret integreeritud taimekaitse rakendamiseks.

## Tänuavaldused

Täname Rapooli esindajat Eestis hr Andres Sokka abi eest põldoa sortide seemnetega varustamisel ja EMÜ PKI elurikkuse ja loodusturismi õppetooli entomoloogia spetsialisti Märt Kruusi liigi määramise eest. Uurimistöö on valminud projekti IUT-36 toel.

## Kasutatud kirjandus

- Chen, Y.H., Gols, R., Benrey, B. 2015. Crop domestication and its impact on naturally selected trophic interactions. – *Annual Review of Entomology* **60**, 35–58.
- Keneni, G., Bekele, E., Imtiaz, M., Getu, E., Dagne, K., Assefa, F. 2011. Breeding chickpea (*Cicer arietinum* [Fabaceae]) for better seed quality inadvertently increased susceptibility to adzuki bean beetle (*Callosobruchus chinensis* [Coleoptera: Bruchidae]). – *International Journal of Tropical Insect Science* **31**, 249–261.

- Mendesil, E., Rämert, B., Marttila, S., Hillbur, Y., Anderson, P. 2016. Oviposition preference of pea weevil, *Bruchus pisorum* L. among host and non-host plants and its implication for pest management. – *Frontiers in Plant Science* **6**, 1186–1187.
- Põllumajandusmaa ja –kultuuride kasvupind, aasta. 17.12.2019. Statistikaamet. <https://www.stat.ee/34222> (18.12.2019).
- Roubinet, E. 2016. *Management of the broad bean weevil (Bruchus rufimanus Boh.) in faba bean (Vicia faba L.)*. Uppsala, Sveriges Lantbruksuniversitet / Swedish University of Agricultural Sciences. 23 pp.
- Tsialtas, I.S., Irakli, M., Lazaridou, A. 2018. Traits related to bruchid resistance and its parasitoid in vetch seeds. – *Euphytica* **214** (12), article no 238.
- Ward, R.L. 2018. *The biology and ecology of Bruchus rufimanus (bean seed beetle)*. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, School of Natural and Environmental Sciences, Newcastle University. 246 pp.
- Williams, I.H., Büncchi, R., Ulber, B. 2003. *Sampling, trapping and rearing oilseed rape pests and their parasitoids*. Ed. D.V. Alford Biocontrol of oilseed rape pests. Oxford, Blackwell Science, 145–160.

# Veepehmendi ja lambda-tsühalotriini koosmõju naeri-hiilamardikate tõrjes

Liina Kann, Pille Sooväli, Sirje Tamm  
Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Kann, L. 2020. Effect of water softener and lambda-cyhalothrin against the pollen beetle. – Agronomy 2020

Pollen beetles (*Brassicogethes aeneus* syn. *Meligethes aeneus*) are the most common pests in oilseed rape (*Brassica napus*) fields in Estonia. Farmers often use pyrethroids including lambda-cyhalothrin against pollen beetles and other pests. Because of this we have resistance populations and we need better ways to fight them. The aim of the study was to evaluate if it is possible and useful to use water softener with pyrethroids. Results showed that some increase in efficacy of pyrethroids occur but these were not statistically significant. More studies are required to get an overview about pyrethroid resistance distribution and impact on oilseed rape yields in Estonia.

**Keywords:** *Brassicogethes aeneus*, pyrethroid resistance, water softener

## Sissejuhatus

Naeri- hiilamardikas (*Brassicogethes aenus* Fab) on Eestis peamine rapsi kahjur. Valmikumud on rohekas- või sinakasmustad metalliläikega kuni 3 mm pikkused mardikad, talvituvad metsa ääres põõsaste ja puude all kobedas kodus, tulevad välja kui temp tõuseb 10 °C piirsesse. Algul toituvad õitel, seejärel tolmukatest - tegutsevad algul rapsipõllu äärtel, päikeselistel päevadel levivad kiiresti üle kogu põllu. Mardikad söövad õielehti ja augustavad kinniseid õiepungi, kahjustades sigimikku, tolmukaid, õiepõhja. Kahjustatud õied närbuvad ja kuivavad. Emased munevad augustatud suurematesse pungadesse, igasse 1...8 muna, paigutades need tolmukottide lähedale. Hiilamardika vastsed on kollakashallid tumeda peaga 4 mm pikkused tõugud. Arenenud tõugud toituvad sigimikust ja õietolmust ning 3...4 nädala pärast laskuvad mulda nukkuma (umbes juuli II poolel). Noormardikad ilmuvad augusti teisel poolel, toituvad veel ristõielistel ja siirduvad lähiümbrusesse talvituma. Talvituvad noormardikadena taimejäänuste all või mulla ülemises kihis. Üks põlvkond aastas. Avanenud õitega taimedel söövad hiilamardikad peamiselt õietolmu ja tolmukaid ega tekita enam nii suurt kahju kui pungade faasis (Annuk 2019). Kuigi hiilamardikatel on üks põlvkond aastas, on ta suvi- ja talirapsile suuri saagikadusid põhjustav kahjur. Keskmise saagikus jääb Eestis ca 2,1 t/ha kanti ning külvipind ca 73 tuhande hektari kanti (Eesti statistika, 2019). Hiilamardikate tõrje kriteeriumiks loetakse, kui õiepungade algfaasis on ühe taime kohta 1...2 mardikat või vahetult õitsemise eel 4 mardikat, sel juhul tuleks tõrjega alustada kohe. Põllumajandusameti taimekaitsevahendite registrisse on kantud 21 erinevat preparaati, millest 16 on püretroidide klassi kuuluvad insektitsiidid (Põllumajandusamet, 2019). Kui 2009. aastal leiti, et Tartu piirkonnas on naeri-hiilamardikate populatsioonid vastuvõtlikud püretroidide suhtes siis juba 2012. aasta andmete põhjal oli Tartu piirkonnas välja kujunenud mõõdukalt püretroidiresistentsed naeri-hiilamardikate populatsioonid (Veromann, Toome, 2011;

Kovács, 2015). Seega vältimaks suureulatuslike resistentsete populatsioonide teket, peame me leidma veel mooduseid, et võidelda Euroopas laialdaselt leviva pestitsiidiresistentsusega. Lisaks agrotehniliste võtetega naeri-hiilamardika arvukuse mõjutamisele, nagu külvikorrast kinnipidamine, milles ristõielisi kultuure ei kasvatata sagedamini kui 5-6 aasta järel, et hoiduda kahjurite liigsest koloniseerumisest, selgitasime veepehmedaja ja insektitsiidi koosmõju tulemusi naeri-hiilamardikate tõrjumisel. PH water Power toimeained seovad kaltsiumi ja magneesiumi ioonid, seetõttu ei saa need enam mõjutada pestitsiidide tõhusust. Käesoleva töö eesmärgiks oli hinnata, kas antud ainest oleks abi ka hiilamardikate tõrjeks lambda-tsühalotriiniga, suurendades nii püretroidide efektiivust.

## Materjal ja meetoodika

2019. aastal koguti naeri- hiilamardikad kuuest erinevast piirkonnast Tartu –, Jõgeva –, Lääne – Viru ja Viljandimaa suvirapsi põldudelt.

Katsed viidi läbi vastavalt IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) test nr 11 alusel, millest lähtudes valmistati ka pudelid lambda-tsühalotriini ja atsetooniga ning variant, kus atsetooni asemel kasutati vesi + Ph water Poweri ja lambda-tsühalotriini, pH muudeti 7,3-lt 5,3-ks (IRAC, 2009). Katseklaasid asetati töötavale rullrestile, kus need olid kuni täieliku kuivamise ning aurumiseni. Katseklaasidesse asetati erinev arv hiilamardikaid ja jäeti toatemperatuurile otsese päikesevalguse eest kaitsuna seisma. 24 tunni pärast hinnati vastavalt meetoodikale ringist väljuvad naeri- hiilamardikad, kes loeti elusateks ning ringist mitte väljuvad surnuteks või mõjutatuteks püretroidide poolt.

Andmete statistiliseks analüüsimiseks kasutati programmi Agrobase 20TM mitmefaktorilist ANOVA-t (Fisher's LSD post-hoc test ( $p < 0,05$ ) abi. Hiilamardikate suremuse/mõjutatuse piirdiferentsid arvutati 95% (PD0,05) tõenäosuse juures.

## Tulemused ja arutelu

2019. aasta suvi soosis suvirapsil erinevate kahjurite laialdast levikut, mis oli taimedele väga stressirohke, mille põhjustasid massiline naeri- hiilamardikate rünne, põud ning lisaks ka õhuvooludega saadunud kapsakoid (*Plutella xylostella*). See aga tingis mitmekordse erinevate toimeainetega insektitsiididega pritsimist väga väikse perioodi vältel. Katses oli ka kontrollvariant, kus veepehmedagit ega püretroidi ei lisatud. Suremus jäi 0 – 2,8 % vahele. Vastavalt IRAC protokollile tuleks välistada need katsevariandid, mille suremus on üle 20%. Kuna aga ühegi katsevariandi suremus ei ületanud seda, siis suure tõenäosusega antud põldudel eelnevalt kahjuritõrjet poldud teostatud.

Meie katsesse valitud puhtalt lambda-tsühalotriiniga töödeldud variantides olid kõikides piirkondades IRAC püretroiditundlikuse aste resistentne. Muutes vee pH-d veepehmedadiga oli tulemuseks resistentsusastme vähenemine kuuest kohast kolmel ning kaheastmeline paranemine ühes kohas (tabel 1.)

**Tabel 1.** Naeri-hiilamardika tundlikkus vastavalt IRAC klassifikatsiooni järgi Eestis

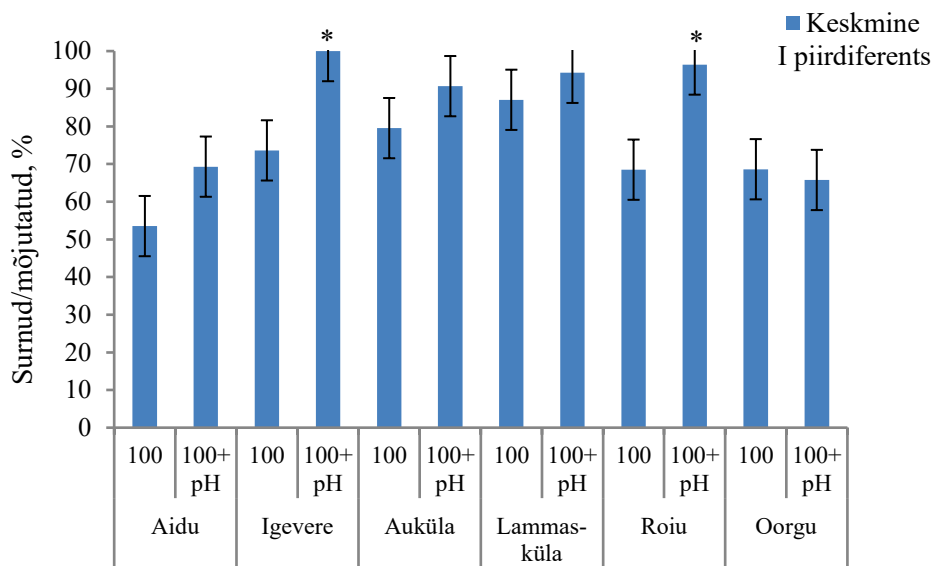
Koht	Maakond	Püretroidi tundlikuse aste $\lambda$ – tsühalotriin	Püretroiditundlikuse aste $\lambda$ –tsühalotriin+pH Water Power
Aidu	Jõgeva	Resistentne	Resistentne
Igevere	Tartu	Resistentne	Vastuvõtlik *
Auküla	Lääne-Viru	Resistentne	Mõõdukalt vastuvõtlik
Lammasküla	Lääne-Viru	Resistentne	Mõõdukalt vastuvõtlik
Roiu	Tartu	Resistentne	Mõõdukalt vastuvõtlik*
Oorgu	Viljandi	Resistentne	Resistentne

\*ANOVA-t (Fisher's LSD post-hoc test (  $p < 0,05$ ))

Statistiline andmetöötlus näitas usaldusväärseid erinevusi ainult kahes kohast – Igeverest ja Roiust kogutud proovide analüüsil. Teistes kohtades statistiliselt usaldusväärseid erinevused puudusid. Katses kasutatud kontaktse toimeviisiga sünteetiline toimeaine lambda- tsühalotriin tungib kahjuri organismi kas söötmürgina või toimib kahjurile läbi kehapiinna. Annuk (2018) on öelnud, et resistentsuse tagajärjel võisid toimuda naeri-hiilamardikates biokeemilised protsessid, mis tingivad toimeaine tundlikkuse muutusi. Kui aga muuta vee pH-d siis lähtudes katse tulemustest, siis mõningast püretroidide efektiivsuse paranemist oleks justkui märgata.

Surnud ja mõjutatud naeri-hiilamardikate hulk lambda-tsühalotriini 100% kontsentratsioonil oli kõige väiksem Aidust kogutud proovis (53,5%) ja kõige suurem Lammasküla proovis (87,1%) (joonis 1). 100% kontsentratsiooniga lambda-tsühalotriinile veepehmendaja lisamisel oli naeri-hiilamardikate keskmine suremus üle 95% Igevere ja Roiu proovides, suremus vastavalt 100 ja 96,4%, olles ka statistiliselt usutavad tulemused. Vaid Oorgust kogutud naeri- hiilamardikate suremus oli veepehmendaja lisades väiksem (65,8%) kui 100% kontsentratsiooniga katsevariandis (68,6%).

Taimekaitsevahendite kasutamine põllumajandusmaal ja põllumajanduslikes majapidamistes on viimastel aastatel järjekindlalt vähenenud, selgub taimekaitsevahendite säästva kasutamise tegevuskava 2013-2017 vahearuandest (Maaeluministerium 2014). Taimekaitsevahendite säästva kasutamise tegevuskava eesmärk on vähendada taimekaitsevahendite kasutamisest tulenevat ohtu ja mõju inimese tervisele ning keskkonnale ja soodustada integreeritud taimekaitse põhimõtete rakendamist. Põllumajanduses on kohustuslik valida pestitsiid, mis on efektiivne, hinnasõbralik, ohutu kasutajale, keskkonnale. Keemilist tõrjet ei tehta mitte igaks juhuks, vaid kindlale kahjustajale, kui arvukus ületab majandusliku läve.



**Joonis 1.** Surnud/ mõjutatud naeri-hiilamardikate jaotumine erinevate katsevariantide vahel lambda-tsühalotriini 100% kontsentratsioonil. Tärn näitab statistiliselt olulist erinevust katsevariantide vahel. Tulpadel on näidatud piirdiferents.

## Kokkuvõte

Tegu on ühe aasta andmetega, kuid mõningast pestitsiidi efektiivsuse paranemist on näha. Ka kindlalt ei saa väita, et antud tootest oleks abi resistentsuse tekkimise vältimiseks. Siiski on soovitus kasutada erinevatesse toimeaine klassidesse kuuluvaid insektitsiide, jälgida integreeritud taimekaitse tavasid ning kasutada registreeritud kulunorme.

## Tänuavaldused

Uurimistöö valmis Madis Ajaotsa ja Kevili algatusel.

## Kasutatud kirjandus

- Annuk, T. 2018. Resistentsuse ohud ja vältimine põllukultuuridel. Kättesaadav: <https://scandagra.ee/wp-content/uploads/resistentsuse-ohud-pollukultuuridel-vihikuna-2018.pdf> (viimati vaadatud 19.12.2019)
- Annuk, T. 2019. Ristõieliste kahjurite tunnustamise juhend. Kättesaadav: <https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2019/05/Rist%C3%B5ieliste-kahjurid-tunnustajatele.pdf> (viimati vaadatud 12.12.2019)
- Eesti Statistika. 2019. Kättesaadav: <http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&SubSessionId=82d15bf6-83f1-4e17-b927-b5c4333af3b1&themetreeid=3> (viimati vaadatud 13.12.2019)

- IRAC 2009. Insecticide Resistance Action Committee Suseptibility test Method No. 011. Kättesaadav: <https://www.irac-online.org/methods/meligethes-aeneus-adults/> (viimati vaadatud 12.12.2019)
- Kovács, G., Kaasik, R., Kortspärn, K., Metspalu, L., Luik, A., Veromann, E. 2015. Naerihii-lamardika resistentsusprobleem Eestis näitab süvenemise märke. – *Agronomia* 2015, 138-141.
- Maaeluministeerium 2014. Kättesaadav: <https://www.agri.ee/et/uudised/eestis-taimekaitsevahendite-kasutamine-vahenenud> (viimati vaadatud 20.12.2019)
- Põllumajandusamet. Taimekaitsevahendite register. Kättesaadav: <https://portaal.agri.ee/avalik/#/taimekaitse/taimekaitsevahendid-otsing/et> (viimati vaadatud 13.12.2019)
- Veromann, E., Toome, M. 2011. Pollen beetle (*Meligethes aeneus* Tab) suseptibility to synthetic pyrethroids – pilot study in Estonia. – *Agronomy Research* 9 (1-2), 365 –369.



## Kas põllumajanduslik tegevus on kimalastele hävitav?

Reet Karise<sup>1</sup>, Anna Bontšutsnaja<sup>1</sup>, Kevin Maebe<sup>2</sup>, Marika Mänd<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

<sup>2</sup> Genti Ülikool, Department of Plants and Crops, Faculty of Bioscience Engineering, Belgium

---

**Abstract.** Karise, R., Bontšutsnaja, A., Maebe, K., Mänd, M. 2020. Is agricultural activity detrimental for bumble bee population? – *Agronomy* 2020

Bumble bees are wild pollinators whose activity season lasts from early spring up to September in Nordic regions. Long life cycle demands tolerance to the changing conditions, however different species have their own specific preferences for food and habitat. Bumble bee abundance and species diversity is considered as indication of environmental changes. While bumble bees depend on strict conveyor of flowering plants, they cope well with anthropogenic habitats. There are studies showing rich bumble bee populations in urban and suburban areas. Rural landscape however can be more or less supportive depending on precise agricultural activities, which can support or hinder the bee populations. We aimed to compare bumble bee species diversity and species distribution evenness in two types of farmland: old but abandoned farmland which for now has turned to forested or brushwood land and intensively managed area. We collected 10 firstly met bumble bees from five spots from either of the farmland types. We found that the bumble bee species composition abundance and evenness were different between these two farmland types. Although we found 8 bumble bee species from both farmland types, there was one species dominating over others in both farmland types. In intensively managed area the species compositions was more even. Our results indicate that bumblebees benefit from the presence of managed landscape – flowering crops, pastures and human settlements probably provide more abundant and constant foraging resources.

**Keywords:** bumble bee species composition, farmland

---

### Sissejuhatus

Tolmeldajate arvukus ja liigirikkus on viimastel aastakümnetel olnud langemas, seda eriti intensiivse põllumajandusega riikides (Sanchez-Bayo, Wyckhuys, 2019). Intensiivne maakasutus vähendab tolmeldajatele vajalikke pesitsuspaiku ja toidutaimede kättesaadavust. Lisaks kasutatakse neil aladel ka kahjuritõrje vahendeid, millest enamik on keskkonnoahtlikud (Bilal et al., 2019). Peamiseks putukate arvukuse vähenemise põhjusteks peetakse intensiivset põllumajandust (Sanchez-Bayo, Wyckhuys, 2019), kuna see hävitab enim elupaiku ning muudab keskkonna tavapärastel ühekülgselt. Pestitsiidid moodustavad uuringute põhjal vaid umbes poole võrreldes intensiivtootmise mõjudega. Sanchez-Bayo ja Wyckhuys'i (2019) peavad sama oluliseks ka väetisi ja heitveest ning jäätmaadelt (linnastumine, kaevandused, tööstus) lekkivaid aineid. Samas, inimeste arvamusi kuulates jääb paratamatult mulje, et kõige hullemaks probleemiks on pestitsiidide kasutamine.

Põllumajanduse intensiivistumisega kaasnevad ohud klassifitseeruvad mitmeti. Otsesteks ohtudeks võib nimetada maa harimisest tulenevat pesitsuskohtade kadumist (Kosior et al., 2007) ning toitainete põldudelt välja kandumisega kaasnevaid muutusi, mis soosivad mesilastele toidutaimedeks sobimatuid kõrrelisi (Heinsoo et

al., 2020). Oluliseks peetakse ka inimtegevuse tagajärjel muutuvate maastike kyllustumist, mislābi kyllustatakse omakorda ka populatsioon (Goulson, 2003). Mida vāiksem ja isoleeritum on populatsioon, seda kysitavam on populatsiooni pikaegne pysimine. Kimalaste populatsioonide pysimise ūle arutledes tuleb aga arvesse vōtta, et inimtegevusel vōib maastike kujundamisel olla ka positiivne roll. On ju liigirikkamateks aladeks just aktiivselt aga mōōduka sagedusega hooldatud puisniidud, kus jagub erinevaid tingimusi toetamaks vōimalikult rohkearvulisi kooslusi (Heinsoo et al., 2020).

Eesti aladel on põllumajanduslik aktiivsus olnud vāga erinev. Eelkōige seoses pōōrdeliste muutustega seoses 1990. aastatel vāhenes haritava maa hulk, ning tekkis palju mahajāetud põllumajandusmaid (Peterson, Aunap, 1998). Sellistel aladel on peamisteks muutusteks esmalt vōsastumine ning seejārel metsastumine. Tānapāevaks on taolisi alasid kohati taas kasutusele vōetud vōi on need muutunud metsamaaks vōi linnade lāhistel elamumaaks. Mahajāetud aladel on kindlasti putukate populatsioonidele vāiksem mōju seal puuduva inimtegevuse arvelt. Samas tuleb tōdeda, et selliste alade liigirikkus vāheneb (Kimberley et al., 2019; Sroka et al., 2019; Tartally et al., 2019).

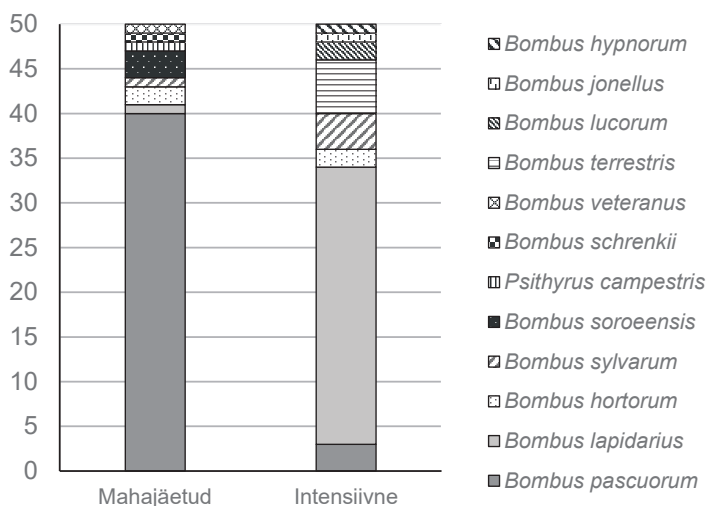
Antud uurimistōō eesmārgiks oli selgitada, kas kunagistel haritud, kuid praeguseks mahajāetud maadel on kimalaste liigirikkus suurem vōrreldes pika aja jooksul intensiivse põllumajandusliku tootmisega aladel. Eeldasime, et pestitsiidikoormuse vāhenemine ja maaharimisest tuleneva pesitsuskohtade hāvitamise lōpetamine vōiks kimalastele positiivselt mōjuda.

## Materjal ja metoodika

Vālitōōd viidi lābi Kirde-Eestist 9. ja 10. augustil 2019 aastal. Valitud aeg on kimalaste kogumiseks sobivaim, kuna selleks ajaks on kōikide liikide pered saavutanud oma maksimaalse suuruse ning arvatavasti ei ole perede tōōlised ja isased veel hukkunud ega ole noored kimalasemade talvitumispaikadesse siirdunud. Mōlemal kogumispāeval oli kuiv ja pāikeseline vaikse kuni mōōduka tuulega ilm. Kimalasi koguti intensiivselt majandatavatelt ( $N=5$ ) ja kunagisel ent praeguseks maha jāetud põllumajanduslikelt aladelt ( $N=5$ ). Kimalased pūiti individuaalselt lābipaistvasse ōhustatud pūūgitopsi liigi māāramiseks kohapeal. Kui kōik kūmme kimalaste olid topsis ja māāratud, vabastati need, kelle liigi tuvastamisega raskusi ei tekkinud. Ūlejāānud surmati kuiva jāā peal ning toimetati laborisse edasiseks māāramiseks. Igalt alalt korjati 200 m raadiusega alalt kūmme esimesena ette juhtunud kimalast. Alad paiknesid ūksteisest eraldatuna, nii, et lāhimate alade kimalaste tavaline korjeraadius (500 m) ei kattunud. Mahajāetud ja intensiivselt majandatavate alade korjealad paiknesid teineteisest vāhemalt 20 km kaugusel. Kogutud kimalaste pōhjal hinnati nende liigiline heterogeensus (Shannon-Wiener'i liigirikkuse indeks  $H$ ) ja liikide jaotumuse ūhtlikkus (indeks  $E$ ) (Krebs, 1999).

## Tulemused ja arutelu

Mõlemal põllumajandusmaa tüübil leiti kaheksa kimalase liiki kokku 12 liigist, neist neli liiki kattusid mõlemal alal (Joonis 1). Kimalaste liigiline koosseis oli erineval maatüübil aga erinev, peegeldades maastikus toimunud muutusi. Mahajäetud ja praeguseks pigem looduslik ala on sobivam enam metsaga seotud liikidele ning avamaastiku liigid on sealt puudu või kadumas. Mahajäetud alades oli domineerivaks liigiks *B. pascuorum*, keda oli 50 isendist kogunisti 40, ülejäänud liikide esindajaid 1-3. Samas intensiivselt haritavas maastikus oli peamiseks liigiks *B. lapidarius*, keda loendati 50 püütud isendi hulgast 31 ning teiste liikide esindajate hulk varieerus vahemikus 1-6. Kuigi kummaltki alalt leiti 8 liiki kimalasi, siis tuleb liigirikkuse hindamisel arvesse võtta liikide arvulist jaotumist, sest populatsiooni tugevust näitab ka selle isendite arv. Arvutasime liigilise heterogeensuse Shannon-Wiener'i indeksi, mis oli intensiivselt majandatavatel aladel ( $H=1,37$ ) märgatavalt kõrgem, kui mahajäetud aladel ( $H=0,87$ ). Heterogeensuse indeks võtab arvesse mitte ainult liikide esinemist, vaid nende esinemise sagedust. Kõrgeima väärtuse, mis näitaks ka suurimat liigirikkust, saavutaksime siis, kui kõiki leitud liikide esindajaid oleks arvuliselt võrdselt. Liikide arvulise jaotumuse hindamiseks arvutasime kummagi ala kohta ühtlikkuse indeksi. Sarnaselt liigirikkusele, oli ka liikide jaotumus mahajäetud aladel ebahütlasem (madalam indeksi väärtus) kui tootmisaladel (vastavalt  $E=0,42$  ja  $E=0,64$ ). Mida ühtlasemalt on liigid nende elukeskkonnas jaotunud, seda tugevamad on seal kõikide liikide populatsioonid. Leitud kimalaste arvuline jaotumus näitab, et liigirikkus vanal kuid praeguseks võsastunud ja mahajäetud põllumajandusmaal on olnud kõrge, kuid on praeguseks vähenemas.



**Joonis 1.** Kimalaste liigiline koosseis ja arvukus loodulikus ja intensiivselt majandatavas põllumajandusmaastikus

Põllumajandusliku tegevuse kadumisega ning paralleelselt inimeste lahkumisega küladest linnadesse tekivad keskkonnas paratamatult muutused. Nii nagu ka vähesel määral põllumajandusliku tegevuse muutumisega intensiivsemaks, kaasneb liigirikkuse vähenemine ka mahajäetud maade võsastumisega. Mitmeaastased taimed hakkavad domineerima ning tõrjuvad välja nõrgema konkurentsivõimega liigid (Shinohara et al., 2019). Kuigi paljud mitmeaastased taimed pakuvad tolmeldajatele samuti toitu, jääb nende liigirikkus ja seega erinevaid tolmeldajaid toetav potentsiaal madalamaks. Erinevad majandamistüübid erinevad taimede õitsemisaja suhtes tunduvalt. Aktiivse põllumajandusliku tegevusega aladel õitseb suurim hulk taimi hiljem kui valdavalt poollooduslikel aladel (Williams et al., 2012). Poollooduslikud alad pakuvad mesilastele ohtralt korjet eelistatult kevadel ja varasuvel, mil kimalased alles peresid rajavad. Samas kesk- ja hilissuvine toidunappus tingib perede arengu varasema lõppemise ning seetõttu ei kasva pered niisama suurteks kui rikkalikult kesksuvist korjet pakkuvatel aladel.

Kimalaste koosluste erinevused tekivad sellest, et liigid erinevad oma toitumise ja elupaiga nõudluste poolest. Osad liigid on keskkonnamuutustele väga tundlikud samas kui teised saavad kergesti hakkama varieeruvates tingimustes. Kimalaste hulgas on selliseid liike, kellele sobivate toidutaimede valik on lai, ning on ka väga kitsa toitumiseelistusega liike. Mida kõrgemalt on liik spetsialiseerunud, seda väiksem on tema toidutaimede valik ning seda tundlikum on ta põhiliste toidutaimede kättesaadavuse muutumisele. Üldreeglina on lühemate ja keskmiste suistega kimalaste toidutaimevalik laiem kui pikasuiselistel kimalastel. Seetõttu peetaksegi eelkõige pikasuiselisi kimalasi keskkonnamuutuste indikaatoriks. Pikemate suistega kimalased eelistavad toidutaimedena eelkõige liblikõielisi taimi (Connop et al., 2010) – nende sügavatesse õieputkedesse on peidetud suured nektarivarud, mida teised, lühemate suistega tolmeldajad kergesti kätte ei saa. Seetõttu on enamik pikasuiselisi kimalasi seotud avamaadega ning sõltuvad inimtegevusest, vähemalt selles osas, kus haritavatel maadel kasvatatakse ka liblikõielisi kultuure. Liblikõieliste kultuuride kasvatamise märkimisväärse vähenemisega on näiteks Suurbritannias seostatud mitmete kimalaseliikide hääbumine või isegi välja suremine (Williams, 1982). Käesolevas uurimistöös leiti Eesti kolme pikasuiselise kimalaseliigi hulgast vaid *B. hortorum*, kummaltki maastikutüübilt kaks isendit.

Mahajäetud maa-aladel enim leitud *B. pascuorum* on suure perega liik, kelle meelis-elupaiku seostatakse metsaservade ja metsastunud aladega (Diaz-Forero et al., 2011). See liik on ka väga laia toidutaimede valikuga (Connop et al., 2010), mistõttu on tal kerge hakkama saada mitmesugustes tingimustes. Metsaseid alasid eelistab ka *B. schrenkii* (Diaz-Forero et al., 2011; Goulson et al., 2008), kelle arvukus on üldiselt Eestis stabiilselt madal. *B. soroeensis* on sage liik aga just võsastunud aladel ja nende lähikonnas. Kõik nimetatud liigid on polüfaagsed ja keskmiste või lühikeste suistega kimalased. Diaz-Forero jt. (2011) samuti Kirde-Eestis läbi viidud uurimustöö põhjal on selliste liikide nagu *B. terrestris*, *B. veteranus*, *B. lapidarius* ja *B. sylvarum* arvukus negatiivselt seotud metsade, metsaservade või võsastunud alade osatähtsusega maastikus. Viimati nimetatute hulgast sõltub *B. lapidarius* eelkõige liblikõieliste taimede olemasolust ning näiteks punasel ristikul (*Trifolium pratense*)

on kohatud just seda kimalaseliiki kõige enam (Connop et al., 2010). Samas on just punane ristik see taim, mis meelitab ligi kõige mitmekesisema kimalaste seltskonna (Connop et al., 2010). Selle ristiku õied on keskmise kuni sügava õieputkega, ning sisaldavad rikkalikult nektarit. Lühemate suistega kimalased ei ulatu tavapärasel tolmeldamisel küll nektarini, kuid sellest probleemist üle saamiseks närivad nad õieputke sisse augu ning võtavad sealtskaudu nektarit (Valle, 1959). Eelkõige teeb seda *B. lucorum*, kuid seejärel kasutavad samu avasid ka teised kimalaseliigid. Punase ristiku õietolmu kättesaamine ei valmista aga probleeme ühelegi kimalaseliigile.

Käesoleva uurimuse põhjal võib järeldada, et aktiivne põllumajandustegevus ise ei kahjusta kimalaste liiglist mitmekesisust, kuid seda mõjutavad nende tegevustega kaasnevad stressifaktorid. Eesti põlluservadel teostatud pikaajalise kimalaste seire tulemused näitavad, et kimalaste arvukus on kõrgem Lõuna-Eestis võrrelduna Kesk-Eesti aladega (Marja et al., 2014). Lõuna-Eesti järvede rikas kuppelmaastik seab automaatselt piire põldude suurusel. Lisaks näitas Marja jt. (2014), et kimalaste populatsioonide olukord, ja eriti just pikasuiseliste kimalaste arvukus ja mitmekesisus on kõrgemad keskkonnasäästliku ja maheda tootmisviisiga taludes. Kui mahepõllumajandusega taludes välditakse näiteks sünteetilisi taimekaitsevahendeid ja väetisi, siis keskkonnasõbraliku tootmisega taludes neid ei väldita. Keskkonnasõbralikult majandatavas ettevõttes on teatud piirangud, kuid keeldu pestitsiidide kasutada ei ole. Küll on aga nii mahe- kui keskkonnasõbraliku tootmisviisi puhul suur erinevus tavatootmisest selles, et mõlemad kasvatavad palju liblikõielisi kultuure, mis pakuvad tolmeldajatele rikkalikult toitu just kesksuvest alates.

Käesoleva töö tulemusi võib käsitleda teemasse sissejuhatava pilguheitmisena. Kimalaste koosluste ja nende muutuste täpsemaks uurimiseks oleks tulevikus tarvis planeerida analoogsed vaatlused suuremal arvul vaatlusaladel ning mitmed aastal järjestikku. Mitmeaastased vaatlustulemused annaksid suurema kindluse, et kimalaste püüdmisel õnnestus üles leida enamus piirkonnas elavatest liikidest. Samuti oleks soovitatav suurendada määratavate isendite hulka.

## Kokkuvõte

Antud uurimustööst võib järeldada, et põllumajandus kui tegevusala, ei ohusta kimalaste populatsioone. Põllumajandusmaa muutumisega metsastunud alaks kaasneb kimalaste populatsioonide struktuuri ümber kujunemine ning arvatavasti ka vaesumine. Kimalased on tolmeldajad, kes vajavad läbi terve kevade ja suve mitmesuguseid erinevaid tingimusi. Peamisteks neist on sobivate pesitsuspaikade olemasolu ning nii kevadise kui suvise toidubaasi kättesaadavus. Muude stressifaktorite mõju muutub olulisemaks alles peamiste nõudmiste puuduliku rahuldatus korral. Kui põllumajandusliku tegevuse käigus kasvatatakse ka mitmesuguseid õitsvaid kultuurtaimi ning püütakse põldude suurust piirata ning taimestikku mitmekesistada, ei ole see kimalaste populatsioonidele kahjustava mõjuga.

## Tänuavaldused

Uurimistööd finantseerisid Haridus- ja teadusministeerium IUT 36-2, Eesti Teadusagentuur projekt RITA1/02-10 ja Eesti Põllumajandusuuringute Keskus „Kimalaste mitmekesisuse ja arvukuse uuring“ 2006–2019.

## Kasutatud kirjandus

- Bilal, M., Iqbal, H.M.N., Barceló, D. 2019. Persistence of pesticides-based contaminants in the environment and their effective degradation using laccase-assisted biocatalytic systems. – *Science of The Total Environment* **695**, 133896.
- Connop, S., Hill, T., Steer, J., Shaw, P. 2010. The role of dietary breadth in national bumblebee (*Bombus*) declines: Simple correlation? – *Biological Conservation* **143**, 2739–2746.
- Diaz-Forero, I., Kuusemets, V., Mänd, M., Liivamägi, A., Kaart, T., Luig, J. 2011. Effects of forest habitats on the local abundance of bumblebee species: a landscape-scale study. – *Baltic Forestry* **17**, 235–242.
- Goulson, D. 2003. The conservation of bumble bees. – *Bee World* **84**, 105–106.
- Goulson, D., Lye, G.C., Darvill, B. 2008. Diet breadth, coexistence and rarity in bumblebees. – *Biodiversity Conservation* **17**, 3269–3288.
- Heinsoo, K., Sammul, M., Kukk, T., Kull, T., Melts, I. 2020. The long-term recovery of a moderately fertilised semi-natural grassland. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* **289**, 106744.
- Kimberley, A., Bullock, J.M., Cousins, S.A.O. 2019. Unbalanced species losses and gains lead to non-linear trajectories as grasslands become forests. – *Journal of Vegetation Science* **30**, 1089–1098.
- Kosior, A., Celary, W., Olejniczak, P., Fijał, J., Król, W., Solarz, W., Płonka, P. 2007. The decline of the bumble bees and cuckoo bees (Hymenoptera: Apidae: Bombini) of Western and Central Europe. – *Oryx* **41**, 79–88.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological methodology*. Addison Wesley Longman, Menlo Park, CA
- Marja, R., Herzon, I., Viik, E., Elts, J., Maend, M., Tscharnkte, T., Batary, P. 2014. Environmentally friendly management as an intermediate strategy between organic and conventional agriculture to support biodiversity. – *Biological Conservation* **178**, 146–154.
- Peterson, U., Aunap, R. 1998. Changes in agricultural land use in Estonia in the 1990s detected with multitemporal Landsat MSS imagery. – *Landscape and Urban Planning* **41**, 193–201.
- Potter, C., de Vere, N., Jones, L.E., Ford, C.R., Hegarty, M.J., Hodder, K.H., Diaz, A., Franklin, E.L. 2019. Pollen metabarcoding reveals broad and species-specific resource use by urban bees. – *PeerJ* **7**, e5999.
- Sanchez-Bayo, F., Wyckhuys, K.A.G. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. – *Biological Conservation* **232**, 8–27.
- Shinohara, N., Uchida, K., Yoshida, T. 2019. Contrasting effects of land-use changes on herbivory and pollination networks. – *Ecological Evolution* ece3.5814.
- Sroka, W., Poelling, B., Wojewodzic, T., Strus, M., Stolarczyk, P., Podlinska, O. 2019. Determinants of farmland abandonment in selected metropolitan areas of Poland: a spatial analysis on the basis of regression trees and interviews with experts. – *Sustainability* **11**, 3071.
- Tartally, A., Nash, D.R., Varga, Z., Lengyel, S. 2019. Changes in host ant communities of Alcon Blue butterflies in abandoned mountain hay meadows. – *Insect Conserv Divers* **12**, 492–500.

- Valle O. 1959. Kimalaiset ja mehiläiset puna-apilan pölyttäjinä. – *Maatalous ja koetoiminta* XIII. Helsinki, 227–237.
- Williams, N.M., Regetz, J., Kremen, C. 2012. Landscape-scale resources promote colony growth but not reproductive performance of bumble bees. – *Ecology* **93**, 1049–1058.
- Williams, P.H., 1982. The Distribution and Decline of British Bumble Bees (*Bombus* Latr.). – *Journal of Apicultural Research* **21**, 236–245.



# Uus kahjur Eestis, oa-teramardikas (*Bruchus rufimanus* Boh.)

Lea Narits

Eesti Taimakasvatuse Instituut

**Abstract.** Narits, L. 2020. Broad bean weevil (*Bruchus rufimanus* Boh.), a new pest in Estonia.– Agronomy 2020.

This review article was initiated by the problem of a new pest damaging broad bean in fields and gardens in Estonia. In Estonia, broad bean cultivation has expanded exponentially in recent years. Regard to this, new insect pests have appeared. Broad bean seed beetle (*Bruchus rufimanus* L.) caused the holes in broad bean seeds. The insect is widely diffused in all broad bean growing areas in the world. The last two summers in Estonia were favourable for life cycle of broad bean seed beetle and therefore it caused damages in fields and gardens. This article gives an overview of broad bean seed beetle biology, life cycle and prevention techniques.

**Keywords:** broad bean weevil, biology, prevention

## Sissejuhatus

Kaunviljade, sealhulgas ka põldoa, kasvatamine on Eestis taas populaarne. Veel kümme aastat tagasi (2009. a) oli põldoa kasvupind vaid 80 ha, 2019. a 11061 ha (www.stat.ee/34222). Suurenenud huvi põldoa kasvatamise vastu tekitab vajaduse külviseemne järele, mis valdavalt toodi sisse Kesk–Euroopast. Koos seemnetega tuli kaasa ka uus põldubade kahjur (www.taluliit.info). Kahel viimasel aastal on põldudelt ja koduaedadest leitud palju aukudega ubasid. Need augud on sinna jäänud oa-teramardika vastse kahjustusest. Oa-teramardikas on kahjur kes on levinud kõikjale kus põldube kasvatatakse, esimesena leiti teda Põhja–Aafrikast (Hoffmann et al., 1962; Hulme, 2009). Mardika elutsüklil on kindlalt seotud põldoaga (Hamani, Medjdoub–Bensaad, 2015). Vastsete toitumise tagajärjel tekkinud oaseemnete kahjustus põhjustab saagikadu, idanevuse- ja haiguskindluse languse ning mõjutab seemnete turustatavust (Kharrat et al., 2006; Maalouf et al., 2009). 1973. a kirjutas H. Haberman “Eesti Looduses” uuest Eesti putukkahjurist, oa-teramardikast, kuid kirjeldatud on aedoa-teramardikat (*Acanthoscelides obtectus*), keda hiljem ei ole Eestis leitud. Oa-teramardika leiud on Eestis olnud viimastel aastatel sagedased, ka nende aastate ilmastik on olnud tema arenguks soodne.

Antud ülevaateartiklit ajendasid kirjutama põldoa kasvatajate küsimused – mida nende auklike ubadega teha, kes need augud tekitab ning mida selle kahjustaja vastu ette võtta?

## Bioloogia

Oa-teramardikas kuulub poilaste sugukonda, mardikate perekonda. Teramardikaid on teada umbes 35 liiki, peaaegu kõigi nende tõugud toituvad liblikõielistel. Eestis on senini teada neli liiki.



Oa-teramardika valmik on 3,5–4,5 mm pikkune mustjas mardikas kelle katte- tiivad on hallikaspruunid, valgete tähnidega ja ei kata kogu tagakeha. Tundlad alusel oranžikad, esijalad punakad, keskmised jalad mustad. Muna on väike (läbimõõduga <2 mm), värvuselt valkjas kuni rohekaskollane. Vageltõuk on kreemikasvalge, 5 mm pikkune. Aastas on üks põlvkond ([en.wikipedia.org/wiki/Bruchus\\_rufimanus](http://en.wikipedia.org/wiki/Bruchus_rufimanus)).

Oa-teramardikad valmikud toituvad kevadel nii liblikõieliste kultuuride kui umbrohtude õietolmust ja nektarist, seejärel siirduvad põldoale. Päeval on nad väga liikuvad, öösiti ja varahommikul varjuvad õite ja noorte lehtede vahele. Mardikad on aktiivsed, kui õhutemperatuur tõuseb üle +20 °C, üle +25 °C on nende arenguks väga soodne, samas, õhutemperatuur alla +15 °C ja märg ilm limiteerib nende liikuvust (Aznar-Fernandez et al., 2017). Isaste putukate seemnesarjade küpsemise kutsub esile päeva pikenemine, nad on viljastamisvalmis, kui päeva pikkus on vähemalt 16 tundi, optimaalseim on 18 tundi. Emased putukad on paljunemisvalmis, kui temperatuur tõuseb üle +20 °C. Pikapäeva tingimustes muutuvad nad suguküpseks mõne päevaga, kuid seda stimuleerib ka põldubade õietolmu ja nektari söömine (Tran, Huignard, 1992). Viljastatud emased munevad munad kas ühekaupa või väikeste gruppidega noortele kauntele (kaunte pikkus 2–5 cm). Vihm, tuul ja õhutemperatuur alla + 20 °C hoiab munemisprotsessi tagasi. Munetakse peamiselt taime madalamal asuvatele kauntele. Maksimaalselt on leitud ühelt kaunalt 10 muna (Roubinet, 2016). Üks emane muneb 50–100 muna. Mõnede autorite andmeil (Bruce et al., 2011; Lep-pik et al., 2014) ei ole täheldatud munemist muudele taimeliikidele. Käitumise ja füsioloogia-alaste uuringute tulemustest on ka selgunud, et oa-teramardikas leiab peremeestaime üles keemiliste signaalide järgi, mida taim eritab õitsemise ja vilju-mise ajal. Samuti leiti, et emasel putukal on võime analüüsida tema ümbruses olevaid lenduvaid aineid – kui taim on õitsemise staadiumis, keskendub putukas õietolmu ja kroonlehtede söömisele, kui taim jõuab kaunaalgete faasi, keskendub putukas munemisele (Leppik et al., 2014). Põldoa õitsemise lõpp näitab täiskasvanud putu-kate tegutsemise lõppu põllul. Madalad temperatuurid ja vihm võivad suurendada munade hukkumist. Vastsed kooruvad umbes kümme päeva pärast munemist (sõl-tuvalt temperatuurist võib koorumine aega võtta 1–3 nädalat). Munadest koorunud tõugud tungivad läbi oakauna seina, sisenevad seemnesse, milles kulgeb edasine areng. Ühes seemnes võib olla kuni kolm vastset. Vastse areng kestab kuni kolm kuud. Enne nukkuma minekut lõikab vastne seemnekestasse ümmarguse korgi, mis jääb kestaga kaetuks, selle kaudu saab valmik hiljem väljuda (joonis 1). Nukupe-riood kestab umbes kümme päeva, seejärel väljuvad valmikud seemnetest. Kuna viljastamine ja munemisperiood kestab paar nädalat, võivad täiskasvanud mardi-kad väljuda seemnetest nii enne kui pärast kultuuri koristust (Tran, Huignard, 1992, Lole, 2009, Arvalis, UNIP, 2014).

Täiskasvanud oa-teramardika valmikud talvituvad looduses kaitstud kohtades, näiteks puukoore all (eriti lamandunud puudel), hekkides, samblike all, metsakõ-dus, langenud lehtede all, taimejäänuste all, jne (Huignard et al., 1991). Osa oa-teramardikaid talvituvad kas nukuna või siis diapausis (füsioloogiline puhkeseisund ebasoodsate tingimuste üleelamiseks) täiskasvanud mardikana oaseemne sees ja väl-juvad sealt, kui seeme mulda külvatakse (Medjdoub-Bensaad et al., 2007).

## Tõrje võimalused

Vastsed, kelle elutsükkel möödub seemne sees, on kaitstud nii keemilise kui bioloogilise tõrje eest, seetõttu on oa-teramardikad kõige haavatavamad täiskasvanu staadiumis. Suurim risk kahjustuseks on siis, kui uus põld rajatakse eelmise aasta oapõldude lähedusse, samuti on põldude servad suurema kahjustuse surve all. Lisaks on suurendatud ohu allikad põldude läheduses olevad seemnelaad (<https://www.kevili.ee>).

Oa-teramardika arvukuse prognoosimisel tuleb arvestada nii õhutemperatuuri kui taime kasvufaasiga. Täiskasvanud putukate aktiivsus suureneb temperatuuri tõusuga. Seega, töötlemise efektiivsus võib suurenedagi, kui päevane maksimaalne temperatuur peale pritsimist on neljal järjestikkusel päeval üle +20 °C. Arvestama peab, et kasulike putukate lendluse ajal ei pritsitaks, seega, töötlemise ajad on kas õhtul või varahommikul, eelistatavalt süsteemse preparaadiga. Lihtsustatult võib öelda, et insektitsiidide õige kasutamise aeg on siis, kui oataimel hakkavad arenema noored kaunad (> 2 cm) ja kahel järjestikusel päeval on temperatuur tõusnud +20 °C. Liiga varajane (enne õitsemist) ja liiga hiline (peale kogu taime õitsemise lõppu) pritsimine ei pruugi tulemusi anda (Arvalis, UNIP, 2014).

Kuigi hoiukohtades kasutatavad tõrjemeetmed ei vähenda kahjustatud seemnete osakaalu, piiravad nad ubadest väljuvate putukate arvu ja sellega seoses vähendavad survet kultuurile järgmisel aastal. Sellised meetmed on eriti tõhusad juhul, kui suur osa mardikatest arenevad alles seemnes. Seetõttu võiks parima kontrollimeetmena soovitada varajase põldoasordi kasvatamist. Üheks tõrje võimaluseks on seemnete sooja õhuga töötlemine (temperatuur +50 – +70 °C, olenevalt töötlemise kestvusest), see tapab seemnetes olevad putukad, kuid kõrge temperatuur võib vähendada ka seemnete idanemist. Samuti tuleb arvestada, et liiga kõrgete temperatuuride mõjul võib kannatada seemne visuaalne välimus ning valk võib seemnes laguneda, mis võib osutuda probleemiks seemne müügil (Epperlein, 1992).

Putukate avastamisel hoidlas saab nende vastu kasutada nii insektitsiide kui fumigante. Fumigeerimine e gaasitamine nõuab tihedalt suletavat hoiuruumi ning seda võivad teha vaid vastavat litsentsi omavad töötlejad. Hoiuruumide tiheda sulgemisega saaks seemnetest ilmuvate täiskasvanud putukate põgenemist takistada ja hiljem nad kokku koguda ning põletada, vähendades sellega kahjurite survet kultuurile.

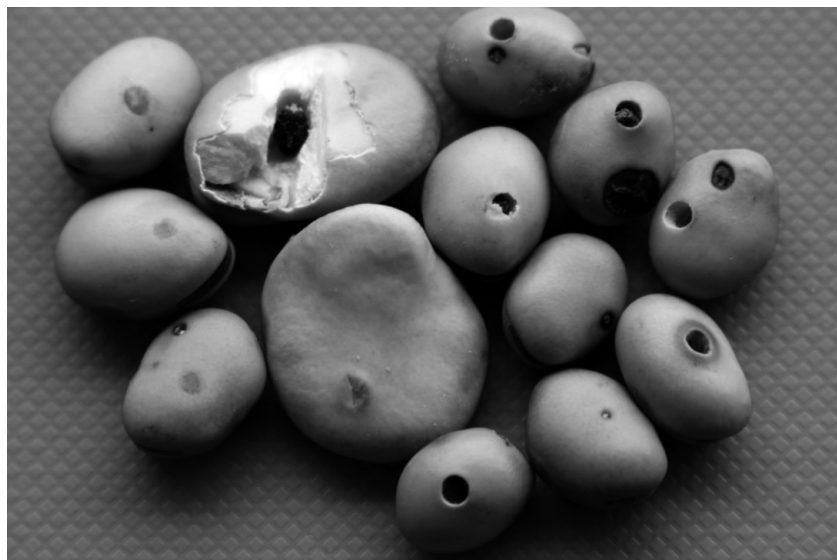
Pärast saagikoristust tuleb seemnete kvaliteeti jälgida ja hinnata kahjustuse võimalikkust (terved, kahjustuse jälgedega, sisaldavad putukaid) ning seejärel otsustada, mida seemnega edasi teha. Tänapäeval on sorteerimiseks olemas mitmeid uusi meetodeid: fotosilmaga sorteerija (eraldab seemned värvi muutuste järgi – putuka väljumise auk on ülejäänud seemnest tumedam, samuti on tumedam seemnes 'korgi' all olev putukas), tomograafiline sorteerija (arvestatakse terve seemne ja kahjustatud seemne ning putukaga seemne erinevaid tihedusi) (Girsch et al., 1999).

Bioloogilisteks tõrjevahenditeks on kasutatud feromoonpüünised, neid rakendatakse põllul täiskasvanud oa-teramardikatele monitooringuks ning väljapüügiks (Liu et al., 2006). Uuemates uurimustes rõhutatakse selle kahjuri tõrjes entomopatogeensete seente potentsiaali. Samuti on leitud botaaniliste õlide peletavaid ja

insektitsiidseid omadusi ning leitud, et neil on potentsiaali selle kahjuri tõrjeks (Sabour, E-Abd-El-Aziz, 2010; Titouhi et al, 2017). Oa-teramardikale on looduslikeks peletajateks (repellentideks) oataimede lähikonnas kasvavad tomat ja petersell (<https://candidegardening>), neid võib kasutada kahjuri tõrjeks koduaedades. On leitud parasitoide, kes parasiteerivad mardika vastses: *Chremylus rubiginosus* ja *Triaspis thoracicus* (perekond *Braconidae*) ja *Dinarmus acutus* (perekond *Pteromalidae*). Nende vastsed arenevad oa-teramardika vastsetes ja täiskasvanud parasitoidid väljuvad seemnetest, kasutades vastse poolt enne nukkuma minekut tehtud väljumisava (mis on väiksem kui mardika puhul). Ka ämblikud võivad toituda selle kahjuri munadest ja vähendada nii nende arvukust (Hulme, 2009; Seidenglanz, Hunady, 2016).

Põllul tõrjega alustamise eesmärk peaks olema putuka asurkonna vähendamine enne, kui vastsed kauntesse tungivad. Tõrjele aitavad kaasa ka agrotehnilised võtted (Mishra et al. 2018), näiteks: pärast saagikoristust sügav kündmine; külviks nakatumata (putukateta) või töödeldud seemnete kasutamine. Seda peavad jälgima kõik põllumehed, et vältida mardikate levikut põllult põllule. Seemned tuleks ladustada kaks järjestikust hooaeg, et kõik täiskasvanud oa-teramardikad oleks külvamise ajaks surnud. On märgatud, et hiline külv vähendas küll putuka kahjustusi, kuid lühema kasvuperioodi tõttu vähenes ka põldoa saagikus. Samuti on tähele pandud, et hilisema õitsemisega sordid kahjustusid vähem (Szafirowska, 2012). Temperatuur, sademed ja õhuniiskus on kliimafaktorid, mis enim mõjutavad oa-teramardika kahjustust, samal ajal kui põldoa sort ja seemnete suurus (väikeseemnelised oad) on erinevates katsetes näidanud seost madalama nakatumismääraga (Carrilo-Pedrone et al., 2019).

Mõned kaunviljad (näiteks munguba, kikerhernes, vigna, põldhernes) on juba aretatud teramardika resistentseteks, kuid põldoa puhul vajab see veel palju aega ja tööd (Seidenglanz et al., 2017).



**Joonis 1.** Oa-teramardika kahjustusega põldoaseemned.

Inimtoiduks ettenähtud põldoaseemnetel on lubatud maksimaalne oa-teramardika kahjustuse piirmäär 3%. Seemneks müüdavatel ubadel ei ole elusaid putukaid lubatud. Kahjustatud seemnetel (seemned, millest putukas on väljunud) võib olla madalam idanevuse määr, laboris on määratud kuni 13%–ne langus, kuid põllul erinevust ei ole täheldatud. Kahjustatud ubade saagikus on mõnevõrra madalam kui tervetel ubadel, lisaks on kahjustatud seemned suurenenud vastuvõtlikkusega rooste- ja juurehaigustele (Epperlein, 1992; Sallam, 2013). Loomasöödaks jahvatamiseks on kahjustustega oad igati sobilikud (Narits, 2019).

Oa-teramardika riski vähendamiseks koduaedades tuleks alati kasutada kontrollitud seemet (vaadata iga seeme igast küljest üle ja kui on näha tumedamat, seemnepinnast kõrgemat täppi (seemnes talvituv putukas paistab läbi seemnekesta näritud 'korgi') seemnekestal, siis selliseid seemneid külviks mitte kasutada) (joonis 1). Aukudega oad ei ole putuka levikut silmas pidades ohtlikud, ohtlikud on just väljumata mardikatega oad.

## Kasutatud kirjandus

- Arvalis, UNIP. 2014. Spring and winter sown faba beans – Crop guide. [http://www.unip.fr/uploads/media/Guide\\_culture\\_feverole\\_2014.pdf](http://www.unip.fr/uploads/media/Guide_culture_feverole_2014.pdf) (5.11.2019).
- Aznar-Fernández, T., Carrillo-Perdomo, E., Flores, F., and Rubiales, D. 2017. Identification and multi-environment validation of resistance to pea weevil (*Bruchus pisorum*) in *Pisum* germplasm. – *Journal of Pest Science* **91**, 505–514.
- Carrillo-Pedrone, E., Raffiot, B., Olliver, D., Deulvot, C., Magnin-Robert, J.B., Tayeh, N., Marget, P. 2019. Identification of Novel Sources of Resistance to Seed Weevils (*Bruchus spp.*) in a Faba Bean Germplasm Collection. *Frontiers in Plant Science*, 09 January 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01914> (5.11.2019)
- Girsch, L., Cate, P.C., Weinappel, M. 1999. A new method for determining the infestation of field beans (*Vicia faba*) and peas (*Pisum sativum*) with bean beetle (*Bruchus rufimanus*) and pea beetle (*Bruchus pisorum*) respectively. – *Seed Science and Technology* **2**(7), 377–383.
- Epperlein, K., 1992. Investigation of the damage of broad bean weevil *Bruchus rufimanus* Bohem. (*Col., Bruchidae*) on broad been seed (*Vicia faba* L.), Anzeiger Fuer Schaedlingsskunde Pflanzenschutz Umweltschutz Germany.
- Haberman, H. 1973. Uus putukkahjur Eestis. – *Eesti Loodus* nr **9**, lk 525.
- Hamani, S., Medjdoub-Bensaad, F. 2015. Biological cycle and populations dynamics of bean weevil *Bruchus rufimanus* (*Coleoptera: Bruchinae*) on two parcels: *Vicia faba major* (Seville) and *Vicia faba minor* (Field bean) in the region of Haizer (Bouira, Algeria). – *International Journal of Geology, Agriculture and Environmental Sciencis* **3** (2), 33–37.
- Hoffman, A., Labeyrie, V., Balachowsky, A.S. 1962. Famille des bruchidae, in *Entomologie Appliquee, À l'agriculture*, ed. A. S. Balachowsky (Paris: Masson et Cie), 434–494.
- Huignard, J., Dupont, P., Tran, B. 1991. Coevolutionary relations between *Bruchids* and their host plants. The influence on the physiology of the insects, in: *Bruchids and Legumes: Economics, Ecology and 21 Coevolution*. Presented at the Second International Symposium on Bruchids and Legumes, Springer Science & Business Media, Okayama, Japan, 171–180.
- Hulme, P.E. (Ed.). 2009. Handbook of alien species in Europe, Invading nature: Springer series in invasion ecology. Springer, Dordrecht, Netherlands.

- Kharrat, M., Le Guen, J., Tivoli, B. 2006. Genetics of resistance to 3 isolates of *Ascochyta fabae* on Faba bean (*Vicia faba* L.) in controlled conditions. – *Euphytica* **151**, 49–61.
- Leppik, E., Pinier, C., Ferot, B. 2014. Chemical landscape of agrobiocoenosis: Case study of broad faba bean and its specialized pest *Bruchus rufimanus*. Presented at the 10th international conference on agricultural pests, Montpellier, France.
- Liu, C.H., Mishra, A.K., Tan, R.X., Tang, C., Yang, H., Shen, Y.F. 2006. Repellent and insecticidal activities of essential oils from *Aretnisia princeps* and *Cinnamomum camphora* and their effect on seed germination of wheat and broad bean. – *Bioresource Technology* **97** (15), 1969–1973.
- Lole, M. (Ed.). 2009. Pest, disease and weed incidence report – harvest year 2008. Hereford, UK.
- Maalouf, F., Hamdi, A., Cubero, J.I., Khalifa, G.E., Jarsso, M., Kemal, S., 2009. *Development of Faba Bean Productivity and Production in the Nile Valley, Red Sea And Sub-Saharan Region*. Aleppo: ICARDA.
- Medjdoub-Bensaad, F., Khelil, M.A., Huignard, J. 2007. Bioecology of broad bean bruchid *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera: Bruchidae) in a region of Kabylia in Algeria. – *African Journal of Agricultural Research* **2**, 412–417.
- Mishra, S.K., Macedo, M.L.R., Panda, S K., and Panigrahi, J. 2018. Bruchid pest management in pulses: past practices, present status and use of modern breeding tools for development of resistant varieties. – *Annals of Applied Biology* **172**, 4–19.
- Narits, L. Mida teha auklike ubadega? Postimees, Maa Elu, No 50 (231), lk 11.
- Roubinet, E. 2016. Management of the Broad Bean Weevil (*Bruchus rufimanus* Boh.) in Faba Bean (*Vicia faba* L.). Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet Swedish University of Agricultural Sciences.
- Sabbour, M., E-Abd-El-Aziz, S. 2010. Efficacy of Some Bioinsecticides Against *Bruchidus Incarnatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) Infestation During Storage, – *Journal of Plant Protection Research* **50** (1), 38–34.
- Sallam, M. N. 2013. *INSECT DAMAGE: Damage on Post-Harvest*, eds D. Mejia and B. Lewis (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations).
- Seidenglanz, M., Hunady, I. 2016. Effects of faba bean (*Vicia faba*) varieties on the development of *Bruchus rufimanus*. – *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* **52**, 22–29.
- Seidenglanz, M., Huñady, I., and Sillero, J. C. 2017. Testing of *Vicia faba* accessions on resistance to bruchids (*Bruchus rufimanus*), in *Proceedings of the International Conference Advances in Grain Legume Breeding, Cultivations and Uses for a More Competitive Value-Chain*, Novi Sad.
- Szafrinowska, A. 2012. The role of cultivars and sowing date in control of broad bean weevil (*Bruchus Rufimanus* Boh.) in organic cultivation. – *Vegetable Crops Research Bulletin* **77**, 29–36.
- Statistikaamet. [www.stat.ee/34222](http://www.stat.ee/34222) (05.11.2019)
- Titouhi, F., Amri, M., Messaoud, C., Haoel, S., Youssfi, S., Cherif, A., et al. 2017. Protective effects of three *Artemisia* essential oils against *Callosobruchus maculatus* and *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Chrysomelidae) and the extended side-effects on their natural enemies. – *Journal of Stored Products Research* **72**, 11–20.
- Tran, B., Huignard, J. 1992. Interactions between photoperiod and food affect the termination of reproductive diapause in *Bruchus rufimanus* (Boh.), (Coleoptera, Bruchidae), – *Journal of Insect Physiology* **38** (8), 633–642.
- [en.wikipedia.org/wiki/Bruchus\\_rufimanus](http://en.wikipedia.org/wiki/Bruchus_rufimanus) (05.11.2019)
- <https://canidegardening.com/GB/insects/560a656d-7dd8-4f48-85f-fcf5ca51bae8> (5.11.2019)
- <https://www.kevili.ee/pollujalutus/183-kevili-pollujalutus-naedal-55> (5.11.2019)
- [https://www.taluliiit.info/documents/talupidajateIiit\\_mai2015.pdf](https://www.taluliiit.info/documents/talupidajateIiit_mai2015.pdf) (5.11.2019)



# Kuivlaiksus õlikanepil 'Finola'

Eve Runno-Paurson<sup>1</sup>, Peeter Lääniste<sup>1,2</sup>, Viacheslav Ereemeev<sup>1</sup>, Tiina Tosens<sup>1</sup>, Toomas Tõrra<sup>2</sup>, Ülo Niinemets<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

<sup>2</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Rõhu katsejaam

**Abstract.** Runno-Paurson, E., Lääniste, P., Ereemeev, V., Tosens, T., Tõrra, T., Niinemets, Ü. 2020. Brown blight on hemp cultivar 'Finola'. – Agronomy 2020.

Industrial hemp cultivation restarted in Estonia in mid 2000s and the hemp cultivation area has increased very fast in recent years, but it is unknown to what extent hemp productivity can be curbed by widespread crop diseases. Thus, the main aim of this study was to evaluate the presence of hemp diseases in Estonia. A field trial with the cultivar 'Finola' was established in the growing season 2019 in Eerika, Tartu County. The plants were grown under two fertilization rates (0 kg N ha<sup>-1</sup>, N0; 100 kg N ha<sup>-1</sup>, N100) to assess the effect of fertilization on disease occurrence. Infection by brown blight (*Alternaria* spp.) was found on hemp plants in both treatments. June in 2019 was warmer (18.6 °C) compared to the long-term average (15.5 °C), providing optimal conditions for brown blight infection and development. However, during the first 20 days of July, the average temperature (14.9 °C) was cooler than the long-term average (17.1 °C), and thus the development of brown blight slowed down. In the first assessment on the 1st of July, the plants were significantly more infected in the control (2.75%) than in the fertilization treatment (0.49%). However, in the second assessment on 29th of July, no significant differences in the infection level were observed between the treatments. In the control treatment, 34.3% of leaves were infected, while the infection level was 40.7% in the fertilized plants. As climate change generates more suitable conditions for the pathogen dispersal, we conclude that evaluation of brown blight occurrence on hemp needs to be continued.

**Keywords:** brown blight, industrial hemp, cultivar 'Finola', fertilization

## Sissejuhatus

Harilik kanep (*Cannabis sativa* L.) on Eestis varasemalt olnud oluline kiutaimede kultuur (Miljan, 1947). Õlikanepi kasvatamisest hakati taas rohkem rääkima, kui Jõgeva Sordiaretuse Instituudi (praegune Eesti Taimekasvatuse Instituut) Mooste Katsejaamas alustati 2005. aastal õlikanepi katsetamisega. Õlikanep on saanud Eestis suhteliselt lühikese ajaga populaarseks põllukultuuriks ning tema külvipind laieneb pidevalt. 2016. aasta seisuga kasvab Soome päritoluga õlikanepi sorti 'Finola' Eestis juba 6 000 hektaril ja kasvatajaid on poolesaja ringis (Efert, 2017). Enamus Eestis toodetud õlikanepi seemnetest eksporditakse Euroopasse ja vaid 10 % jääb kohalikule turule (Efert, 2017).

Euroopas kasvatatakse tööstuslikku kanepit kokku 42 500 hektaril (EU Hemp Cultivation Area 2017). Enim kasvatatakse kanepit Prantsusmaal, Itaalias, Eestis, Hollandis, Leedus ja Saksamaal (EU Hemp Cultivation Area 2017). Kanadas on õlikanepi kasvupind üle 55 000 hektari (Statistics, Reports and Fact Sheets on Hemp, 2017). Kanadas on viimastel aastatel suurt tähelepanu pööranud õlikanepi kasvatamisele, selle koristustehnoloogia väljatöötamisele ja töötlemisele; selle tulemusel on

õlikanepi kasutamine toiduainetööstuses ja kosmeetikas märgatavalt tõusnud (Cherney, Small, 2016).

Õlikanep on tüüpiline parasvöötmekultuur, mille optimaalne kasvutemperatuur on 20–25 °C (Heinsoo, 1986). Kanep on külvikorras väga hea kultuur, kuna on sammasjuurne taim, mille juurekava on suur, kompenseerides mõningase sademete puuduse (Apazhev, 2005). Samuti ei esine kanepitaimedel olulisi haigusi ega kahjureid. Kanepiseemned on kõrge toiteväärtusega ning kõrge oomega-3, -6 ja -9 rasvhapete sisaldusega. Seemnetes leidub kõrge väärtusega kergesti seeduvat proteiini, vitamiine ja mineraale (Small, Marcus, 2002; Callaway, 2004). Õlikanepi sordi 'Finola' seemned sisaldavad keskmiselt 33–35% õli ja 25% proteiini (Callaway, 2004).

Üldiselt on kanep üsna vähenõudlik põllukultuur, kuid õlikanepi seemnesaak sõltub mulla lämmastiku, fosfori, kaaliumi ning väävlil kättesaadavusest. Sordi 'Finola' aretajapoolne soovitatav optimaalne lämmastiku väetusnorm jääb vahemikku 80–90 kg ha<sup>-1</sup>, fosforil 50–60 kg ha<sup>-1</sup>, kaaliumil 67 kg ha<sup>-1</sup> ning väävlil 17 kg ha<sup>-1</sup> (Basic information on Finola agronomy for 2017). Eesti tingimustes on alustatud õlikanepi väetusnormide uurimisega (Runno-Paurson *et al.*, 2019). Seega on vaja jätkata väetusnormide optimeerimisega, et välja selgitada kas selliselt oleks võimalik Eestis õlikanepi seemne saagikust sordil 'Finola' tõsta. Kuna õlikanepi kasvupind Eestis jõudsalt kasvab, siis on vaja ka selgitada, kas õlikanepil esineb haigusi ja kui, siis millised need on ja kuidas võiks haiguste esinemissagedus muutuda tuleviku kliimas.

Antud uurimustöö põhiliseks eesmärgiks oli selgitada, kas õlikanepi sordil 'Finola' esineb Eesti tingimustes haigusi ja kui esineb, siis millised need on ja kui suurel määral kahjustavad õlikanepit? Lisaks soovisime teada, kas väetamistehnoloogia mõjutab haigestumist. Kuna harilik kanep on kahekojaline taim, siis uuriti katses ka seda, kas on vahe emas- ja isastaimede haigestumisel.

## Materjal ja meetodika

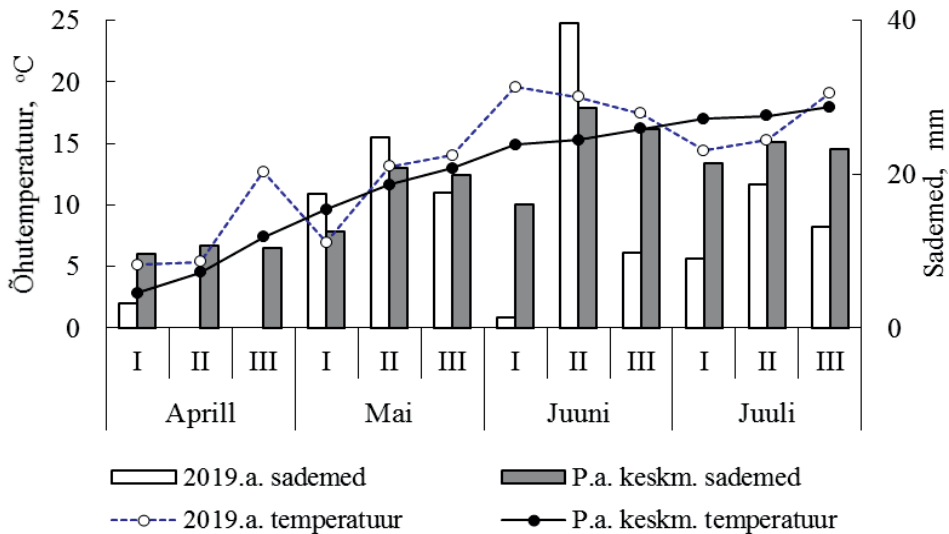
Kanepi kuivlaiksuse (*Alternaria* ssp.) esinemist õlikultuuride katses õlikanepi 'Finola' taimedel uuriti 2019. kasvuaastal Eerikal, Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaama Eerika katsepõllul (58°22'N, 26°40'E). Katseala mullaliigiks oli näivleetunud muld (Stagnic Luvisol WRB 2002 klassifikatsiooni järgi; Deckers *et al.*, 2002), mullalõimis oli kerge liivsavi ja kündmisega läbiseatud pindmise huumuskihi paksus oli 27–30 cm (Reintam, Köster, 2006). Katse külvati 22. aprillil 2019 aastal. Kanepi katse eelviljaks oli talinisu. Katsevariantideks oli kontrollvariant ja kasvuaegne väetamine kompleksväetisega YaraMila N<sub>21</sub>P<sub>4</sub>K<sub>16</sub>S<sub>4</sub> normiga 50 kg lämmastikku hektarile kahel korral kasvuperioodil (katsevariant N100). Esimene kanepi pealtväetamine normiga 50 kg N ha<sup>-1</sup> tehti 23. mail, kui kanepi taimede lehestik hakkas kokku kasvama. Teine väetuskord tehti 13. juunil. Kontrollvariandil kasvuaegset pealtväetamist ei tehtud. Katselapi suurus oli 10 m<sup>2</sup> ja katse oli kolmes korduses. Taimekaitsetöid katses ei teostatud. Saak koristati teraviljakombainiga 10. septembril.

Kanepi kuivlaiksuse kahjustust hinnati loodusliku nakkuse tingimustes kahel korral, nakatumise alguses 1. juuli ja 29. juulil, kus 40% seemnetest olid saavuta-

nud lõpliku suuruse ja värvuse. Kuivlaiksuse hindamisel kasutati 0–100% hindamisskaalat. Emas- ja isastaimi hinnati eraldi. Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc). Eri väetusvariantide võrdluses emas- ja isastaimedel mõju õlikanepi kuivlaiksuse arengu intensiivsusele leiti ühefaktorilise ja mitmefaktorilise ANOVA abil, variantide võrdluses kasutati Tukey HSD post-hoc testi ( $p=0,05$ ).

## Tulemused ja arutelu

Õlikanepi katse taimed haigestusid kuivlaiksusesse (*Alternaria* spp), kuid teisi haigusi ei leitud. Üldjoontes sobis 2019. kasvuaasta kuivlaiksuse hindamiseks õlikanepi taimedel (joonis 1). Kuivlaiksuse jaoks olid ilmastiku tingimused soodsad 2019. aasta juunis ja juuli lõpus, sest siis oli keskmine õhutemperatuur kõrgem võrreldes paljude aastate keskmisega. Veidi jahedam periood oli juuli algusest kuni juuli keskpaigani (joonis 1).

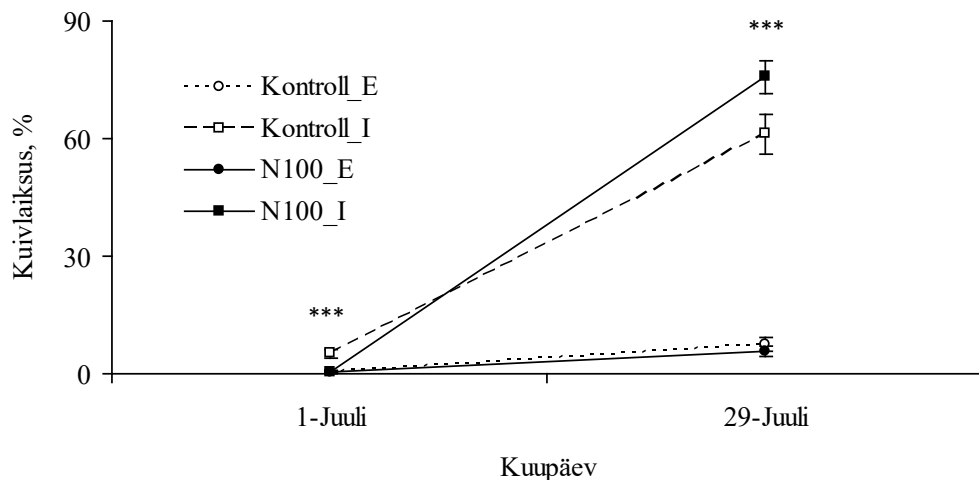


**Joonis 1.** Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate (1964–2019) keskmisega.

Esimesed kuivlaiksuse sümptomid leiti õlikanepi taimedelt 1. juulil. Nakatunud olid nii kontrollvariandi kui ka optimaalselt väetatud variandi taimede lehed. Oluliselt suurem kahjustus leiti ( $5,15\% \pm 1,19\%$ ) kontrollvariandi isastaimedel võrreldes teiste variantidega ( $F_{(3,116)} = 14,17$ ;  $p < 0,001$ ), kus kahjustus jäi alla 0,65% (joonis 2). Teisel vaatluskorral seemnete valmimisel 29. juulil (BBCH 75) olid oluliselt enam kahjustatud väetatud variandi isastaimed ( $75,67\% \pm 4,02\%$ ) ( $F_{(3,116)} = 114,40$ ;  $p < 0,001$ ) (joonis 2). Samuti olid tugevalt nakatunud väetatud variandi isastaimede



lehed ( $61,17\% \pm 5,04\%$ ). Oluliselt väiksemaks jäi kahjustus nii väetatud ( $5,74\% \pm 1,12\%$ ) kui kontrollvariandi ( $7,45\% \pm 1,72\%$ ) emastaimedel. Seega jäi kuivlaiksuse kahjustus emastaimedel, millelt saaki saadakse, üsna tagasihoidlikuks. Isastaimed surevad pärast emastaimede tolmeldamist.



**Joonis 2.** Kuivlaiksuse (*Alternaria* spp) arengu intensiivsus (%) õlikanepi väetusvariantide võrdluses emas- (liidend E) ja isastaimedel (liidend I) 2019. aastal. Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga. \*\*\*  $p < 0,001$  (Tukey HSD test)

Mõlemal vaatluskorral olid isastaimed oluliselt rohkem nakatunud kui emastaimed (1 juulil:  $F_{(1,118)} = 13,80$ ;  $p < 0,001$ ; 29. juulil:  $F_{(1,118)} = 13,80$ ;  $p < 0,001$ ). Esimesel haigustunnuste hindamisel 1. juulil olid kontrollvariandi taimed oluliselt haigemad, ( $2,75\%$ ) võrreldes väetatud variandiga ( $0,49\%$ ) ( $F_{(1,118)} = 10,64$ ;  $p < 0,01$ ). Teisel vaatluskorral 29. juulil olid kontrollvariandil isas- ja emastaimede keskmine kahjustatud  $34,3\%$  taim lehestikust ja väetatud variandil  $40,7\%$ , kuid olulist vahet variantide vahel ei esinenud ( $F_{(1,118)} = 0,93$ ;  $p = 0,34$ ). Kuna kogu juunikuu õhutemperatuur ( $18,6\text{ °C}$ ) oli oluliselt kõrgem pikaajalisest keskmisest ( $15,5\text{ °C}$ ), siis olid head eeldused kuivlaiksuse intensiivsemaks arenguks. Samas juulikuu I ja II dekaadi keskmine õhutemperatuur ( $14,9\text{ °C}$ ) oli madalam pikaajalisest keskmisest ( $17,1\text{ °C}$ ). Seetõttu kuivlaiksuse hüppelist kasvu emastaimedel ei toimunud. Haigustekitaja produtseerib suures koguses eoseid kõrgete õhutemperatuuri tingimustes ( $25\text{--}30\text{ °C}$ ) (Bakro *et al.*, 2018). Tugeval nakkusel nekrootilised alad katavad suurema osa lehepinnast, mistõttu lehed langevad enneaegselt. Kahjurite ja haiguste puhul on tööstusliku kanepi emastaimed isastaimedest vastupidavamad (Roth *et al.*, 2018).

## Kokkuvõte

Selles õlikanepi katses haigestusid taimed kuivlaiksusesse (*Alternaria* spp), kuid teisi haigusi ei leitud. Seega ei saa enam väita, et Eestis õlikanepil haigusi ei esine.

2019. kasvuaasta oli üldiselt soodne kuivlaiksuse hindamiseks õlikanepi taimedel, kuid alates juuli algusest oli jahedam periood, mistõttu ka haiguse edasine kulg ei olnud enam nii intensiivne. Nii kontrollvariandi kui ka väetatud variandi isastaimed haigestusid oluliselt rohkem, võrreldes emastaimedega. Emastaimed moodustavad saagi, kuid neil oli haigestumine mõlemal katses olnud variandil pigem tagasihoidlik, varieerudes 5–8% ulatuses. Seega jäi kuivlaiksuse mõju õlikanepi 'Finola' taimedele vaadeldaval aastal siiski tagasihoidlikuks.

## Tänuavaldused

Uurimustöö viidi läbi Eesti Maaülikooli projekti „Teadmussiire pikaajaline programm taimekasvatuse tegevusvaldkonnas“ MAK 2014–2020 (8–2/P13001PKTM), Eesti Maaülikooli baasfinantseeritavate projektide P190259PKTT ja P180273PKTT ning Euroopa Regionaalarengu fondi poolt finantseeritud Teaduse Tippkeskuse EcolChange toel.

## Kasutatud kirjandus

- Arazhev, R.M.: Апажев Р.М. 2005. Обоснование параметров самоходного рулонного пресса для сбора растений культурной конопли и сеносоломистых материалов. – *Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук*. Москва, 194 стр..
- Bakro, F., Wielgusz, K., Bunalski, M., Jedryczka, M. 2018. An overview of pathogen and insect threats to fibre and oilseed hemp (*Cannabis sativa* L.) and methods for their biocontrol. In Cook, S.M., Jedryczka, M., Juran, I., Truman, W. (eds.): *IOBC–WPRS Bulletin Vol. 136*. Proceedings of the meeting at Zagreb, HR: 9–20.
- Basic information on Finola agronomy for 2017. 2017. Kättesaadav: [http://finola.fi/wp-content/uploads/2017/10/Finola\\_basic\\_farming\\_info\\_2017.pdf](http://finola.fi/wp-content/uploads/2017/10/Finola_basic_farming_info_2017.pdf) (viimati vaadatud 26.11.19).
- Callaway, J.C. 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. – *Euphytica*, **140** (1–2), 65–72.
- Cherney, J.H., Small, E., 2016. *Industrial hemp in North America: production, politics and potential*. – *Agronomy* 6, 58.
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources in a nutshell. In Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (eds.): *Soil Classification 2001*. – *European Soil Bureau Research Report No. 7*, EUR 20398 EN: 173–181.
- Efert, T. 2017. Eesti on suuruselt teine kanepikasvataja Euroopas. Kättesaadav: <https://maaelu.postimees.ee/4161461/estoni-suuruselt-teine-kanepikasvataja-euroopas/> (viimati vaadatud 19.12.2018).
- EU Hemp Cultivation Area 2017. 2018. European Industrial Hemp Association. Kättesaadav: [http://eiha.org/media/2018/06/18-06-11\\_EIHA\\_hempcultivationa-rea.png](http://eiha.org/media/2018/06/18-06-11_EIHA_hempcultivationa-rea.png) (viimati vaadatud 14.06.18).
- Heinsoo, J. 1986. Kiukultuurid. – *Taimekasvatus*. (koost.) E. Reimets. Tallinn, lk 172–282.
- Miljan, A. 1947. Kanepikasvatus. Tartu: Teaduslik kirjandus.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* **136** (1), 199–209.

- Roth, G., Harper, J., Manzo, H., Collins, A., Kime, L. 2018. Industrial hemp production. – *Agricultural alternatives*. The Pennsylvania State University, lk 8. Kättesaadav: <https://extension.psu.edu/industrial-hemp-production/> (viimati vaadatud 08.12.19).
- Runno-Paurson, E., Eremeev, V., Tõrra, T., Niinemets, Ü., Lääniste, P. 2019. Õlikanepi kasvatustehnoloogiate optimeerimine. – *Agronoomia 2019* lk. 96–103.
- Small, E., Marcus, D. 2002. Hemp: a new crop with new uses for North America. In J. Janick, J., Whipkeys, A. (eds.): *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA: 284–326.
- Statistics, Reports and Fact Sheets on Hemp. 2017. Kättesaadav: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-medication/cannabis/producing-selling-hemp/about-hemp-canada-hemp-industry/statistics-reports-fact-sheets-hemp.html> (viimati vaadatud 07.11.2019).

# Kasvatustehnoloogiate mõju kartuli kuivlaiksuse arengule mahe- ja tavaviljeluskatses

Eve Runno-Paurson, Viacheslav Eremeev, Tõnis Volkov

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

**Abstract.** Runno-Paurson, E., Eremeev, V., Volkov, T. 2020. The effect of cultivation technology on the development of potato early blight. – Agronomy 2020.

Potato early blight (*Alternaria* spp.) has occurred with increasing frequency in European potato fields in recent years, including in northern regions. In this study, early blight was evaluated during growing 2019 season on potato plants in a conventional and organic farming experiment on cultivar 'Teele'. The effects of winter cover crop (Org I) and its combination with composted cattle manure (Org II) and different nitrogen application rates on potato early blight development were investigated in a five-field crop rotation in three organic and four conventional (C 0 – N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>; C I – N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>, C II – N<sub>100</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>; C III – N<sub>150</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>) cropping systems. In the Org I and Org II systems winter cover crops were used as follows: after pea – winter oilseed turnip and buckwheat mix and after potato – winter rye. The control system (Org 0) followed the rotation. Growing season in 2019 was very favourable for early blight development and evaluation. The significantly most severely infected plants were recorded on the untreated control systems Org 0 and C 0 plots, where more than 80% of foliage was destroyed by the end of the growing season. The most fertilized conventional treatment C III had notably less early blight damage on potato foliage, compared to other treatments. Still, on plots of both winter cover crop treatments, early blight development was significantly moderate compared to control variants Org 0 and C 0 plots, except during two last weeks. However, the effect of winter oilseed turnip and buckwheat mixture as winter cover crop for suppressing early blight disease, must be studied further.

**Keywords:** potato early blight, winter cover crop, nitrogen fertilization

## Sissejuhatus

Kartuli kuivlaiksus (*Alternaria* spp.) kahjustab soojema kliimaga regioonides kartulipõlde olulisel määral (Leiminger et al., 2015). Ka siin Eestis on lähiaastatel täheldatud, et kartuli kuivlaiksus on keskmisest kuumematel kasvuaastatel osutunud meie kartulipõldudel oluliseks lehestikku hävitavaks kartulihaiguseks (Runno-Paurson et al., 2015, 2019).

Tasakaalustatud väetamine aitab ennetada ja leevendada taimede stressi ja enneaegset vananemist. Mulla ja taimede optimaalne väetamine võib vähendada kuivlaiksuse ägedat kahjustust. Kuid üldine arusaam on, et ei tasuks loota, et liigne lämmastik asendaks teisi kuivlaiksuse tõrjemeetmeid (Lambert et al., 2005). Kuumadel ja keskmise niiskusega kasvuaastatel on tavaviljeluses kuivlaiksusele vastuvõtlikel sortidel vaja teostada keemilist tõrjet, kuna haigus hävitab kartuli lehestiku enne veel kui lehemädanik lööbida jõuab. Varasemad põldkatsed Eestis on näidanud, et kuivlaiksuse tõrjeks ei piisa paarist juhuslikust tõrjekorrast kuivlaiksusetekitajale mittespetsiifilise preparaadiga (Runno-Paurson et al., 2015). Selline tõrjeplaan ei tööta. Haigustundlikel sortidel on vaja kasutada efektiivset ja just kuivlaiksusele orienteeritud tõrjestrategiat. Kuna mahevilljelus välistab keemilise tõrje ning ka

vasefungitsiidid ei ole lubatud, siis tuleb leida haigus?e tõrjeks kasvatustehnoloogilisi võtteid, millest üks efektiivsemaid on kasutada võimalikult haiguskindlaid kartulisorte. Samas on Eestis läbi viidud uuringud näidanud, et enamus uuematest sisse toodud sortidest nakatusid kuivlaiksusesse vähemal või rohkemal määral kõik katses olnud 20 sorti, ja seda kuivlaiksuse arengule mittesoodsal kasvuaastal (Tamela et al., 2015). Üldiselt peetakse Eesti Taimekasvatuse Instituudis aretatud kartulisorte üsna lehemädanikukindlateks, kuid kuivlaiksusekindlusele ei ole tähelepanu pööratud, teema mitteaktuaalsuse tõttu. Hiljuti on selgunud, et näiteks maheviljeluseks aretatud sort 'Reet' on üsna kuivlaiksuse õrn ja seda ka haigusele mitte nii soodsates oludes (Tamela et al., 2015). Kuivlaiksusega on hakatud arvestama ka Eesti sordiaretus programmides.

Seega oli uurimustöö põhiliseks eesmärgiks välja selgitada, kuidas erinevad tava- ja maheviljeluse süsteemid mõjutavad kartuli kuivlaiksuse arengut haigusele soodsal kasvuaastal suhteliselt lehemädanikukindlal kohalikul sordil 'Teele'.

## Materjal ja meetodika

Kartuli kuivlaiksuse kahjustust hinnati üsna lehemädanikukindlal Eesti sordil 'Teele' 2019. kasvuaastal Eerikal, Eesti Maaülikooli Taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetooli pikaajalises külvikorra katses. Külvikorras järgnesid üksteisele viis järgnevat põllukultuuri: oder ristiku allakülviga, punane ristik, talinisu, põldherne ja kartul. Maheviljeluses katsetatakse kolmes kasvatussüsteemis – talviste vahekultuurideta viljelussüsteem (Mahe 0; M0), mis järgib ainult külvikorda; talviste vahekultuuridega viljelussüsteem (Mahe I; MI) ning talviste vahekultuuride ja komposteeritud veisesõnnikuga (kevel teraviljadele 10 t ha<sup>-1</sup>, kartulile 20 t ha<sup>-1</sup>) viljelussüsteem (Mahe II; MII). MI ja MII viljelussüsteemides külvati 2018. aastal vahekultuuridena pärast talinisu koristust rukki (180 kg ha<sup>-1</sup>), talirüpsi (7 kg ha<sup>-1</sup>) ja tatra (35 kg ha<sup>-1</sup>) segu, pärast hernest talirüpsi (7 kg ha<sup>-1</sup>) ja tatra (35 kg ha<sup>-1</sup>) segu ning pärast kartulit rukki (220 kg ha<sup>-1</sup>) ja tatra (35 kg ha<sup>-1</sup>) segu. Maheviljeluse katselappidel mineraalväetisi ja pestitsiide ei kasutatud. Katselappide vagusid äestati üks kord ning mullati kolm korda.

Tavaviljeluses katsetati neljas kasvatussüsteemis – tavaviljeluse väetamata kontroll variant Tava 0 (kontroll, N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>); tavaviljeluse väetatud variant Tava I (N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub>); tavaviljeluse väetatud variant Tava II (N<sub>100</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub>) ja tavaviljeluse väetatud variant Tava III (N<sub>150</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub>). Variantides Tava 0, I, II ja III kasutati taimekaitsevahenditest herbitsiidi Titus (50 g ha<sup>-1</sup>) umbrohtude tõrjeks ja lehemädaniku vastast tõrjet tehti kahel korral, Ridomil Gold MZ 68 WG (toimeained metalaksüül-M ja mankotseeb) (2,5 kg ha<sup>-1</sup>) 4. juulil ja fungitsiidiga Ranman 400SC (0,2 l ha<sup>-1</sup>) / Ranman Activator 0,5 l ha<sup>-1</sup> (toimeaine tsüasofamiid) 19. juulil. Katsed viidi läbi neljas korduses ja iga katselapi suurus oli 60 m<sup>2</sup>. Katseala mullastik oli näivleetunud (Stagnic Luvisol WRB 2002 klassifikatsiooni järgi (Deckers et al., 2002), lõimis kerge liivsavi ja kündmisega läbisegatud pindmise huumuskihi paksus 27–30 cm (Reintam, Köster, 2006).

Kartuli kuivlaiksuse kahjustust (joonis 1) hinnati loodusliku nakkuse tingimustes alates nakatumisest kuni saagi koristamiseni, sagedusega üks kord nädalas. Kuivlaiksuse hindamisel kasutati 0–100% hindamisskaalat.

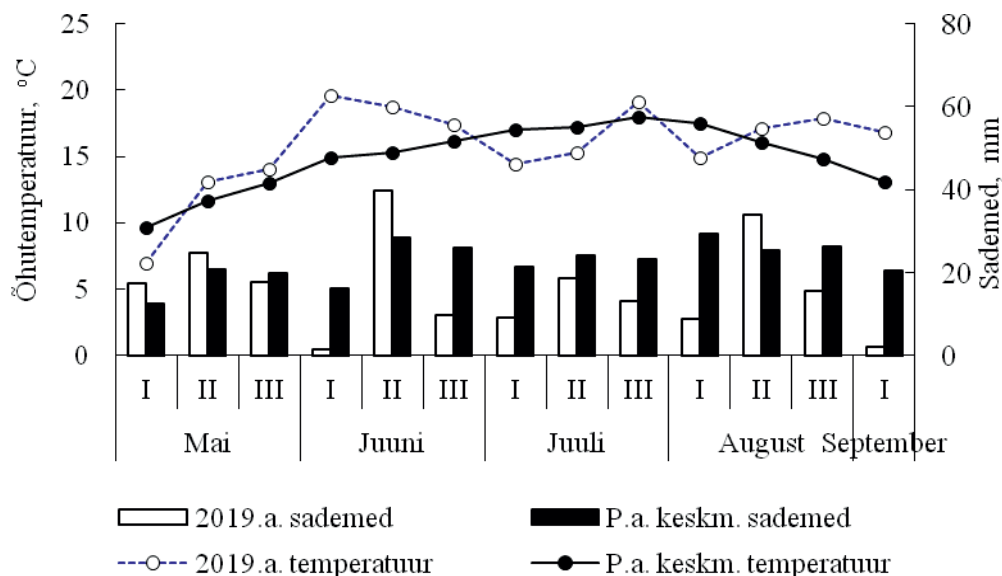
Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi. Variantide vaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ).



**Joonis 1.** Kuivlaiksuse kahjustus sordil 'Teele' mahe- ja tavaviljeluskatses 2019. aastal. Foto Eve Runno-Paurson

### Tulemused ja arutelu

Üldjoontes oli 2019. kasvuaasta väga soodne kartuli kuivlaiksuse hindamiseks (joonis 2). Kuivlaiksuse jaoks olid ilmastiku tingimused soodsad 2019. aasta juunis, juuli lõpus ja augusti keskpaigast kuni kasvuperioodi lõpuni, sest siis oli keskmine õhutemperatuur kõrgem võrreldes paljude aastate keskmisega. Veidi jahedam periood oli juuli algusest kuni keskpaigani, mistõttu ka kuivlaiksuse lööbimine jäi juulikuu lõppu (tabel 1). Kuivlaiksuse tekitaja lööbimiseks ja arenguks oli soodne, et sademeid oli oluliselt vähem juuni I ja III dekaadil, kogu juuli vältel, augusti I ja III dekaadil ning septembri alguses (joonis 2).



**Joonis 2.** Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate 1964–2019 keskmisega

**Tabel 1.** Kartuli kuivlaiksuse arengu intensiivsus (%) mahe- ja tavaviiljeluskatses 2019. aastal

Variant	29.07	04.08	12.08	21.08	26.08	02.09	09.09
Tava 0	2,0b	5,6d	8,0c	19,8c	28,5c	61,3d	81,8c
Tava I	0,3a	1,4ab	2,7ab	8,3ab	11,3ab	27,5abc	58,8bc
Tava II	0,0a	1,2ab	1,6ab	6,8ab	7,3a	15,0ab	33,8ab
Tava III	0,0a	0,5a	1,0a	4,4a	6,0a	11,5a	21,5a
Mahe 0	3,3c	4,3cd	9,3c	21,3c	27,5c	60,0d	80,0c
Mahe I	1,9b	3,0bc	3,8b	10,0b	18,5b	55,0cd	83,3c
Mahe II	1,0ab	1,7ab	3,1ab	6,0ab	11,8ab	42,5bcd	73,8c

Erinevad tähed samas veerus tähistavad statistiliselt olulist erinevust (Tukey HSD test,  $p < 0,05$ )

Esimene kuivlaiksuse lööbimine registreeriti 29. juulil enamus katsevariantide lappidel, välja arvatud variantidel Tava II ja Tava III (tabel 1), kus haigussümptomid avaldusid nädal hiljem 4. augustil. Vaatlusperioodi alguses arenes kuivlaiksus üsna mõõdukas tempos kuni 26. augustini, kuid siiski varieerus oluliselt katsevariantide vahel (tabel 1). Märkimisväärselt kiiremini arenes kuivlaiksus tava- ja maheviljeluse kontrollvariandi taimedel võrreldes teiste katsevariantidega (29. juuli  $F_{6,21} = 21,44$ ;  $p < 0,001$ ; 4. august  $F_{6,21} = 21,28$ ;  $p < 0,001$ ; 12. august  $F_{6,21} = 37,40$ ;  $p < 0,001$ ; 21. august  $F_{6,21} = 50,58$ ;  $p < 0,001$ ;  $F_{6,21} = 29,21$ ;  $p < 0,001$ ) (tabel 1). Alates 26. augustist järgnes intensiivne kuivlaiksuse leviku periood kuni kasvuperioodi lõpuni 9. septembril, kus areng oli oluliselt aeglasem kõrgema lämmastikunormiga



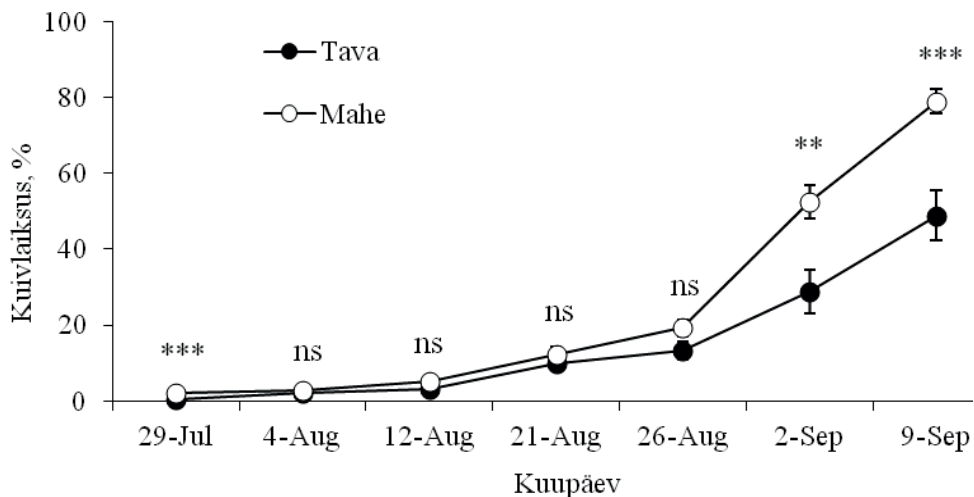
katselappidel Tava III ja II (2. september  $F_{6,21} = 11,83$ ;  $p < 0,001$ ; 9. september  $F_{6,21} = 16,40$ ;  $p < 0,001$ ) (tabel 1). Vaatlusperioodi lõpuks oli üle 80% lehestikust hävinud mõlemal kontroll variandil (Tava 0 ja Mahe 0) ning ka maheviljeluse katsevariantidel Mahe I ja Mahe II 74–83% lehestikust (tabel 1). Mõõdukas kahjustus esines tavaviljelusvariantide Tava I ja Tava II katselappidel. Samas oluliselt väiksem kuivlaiksuse lehestiku kahjustus ilmnes kõige kõrgema väetusnormiga väetatud tavaviljeluse katsevariandil Tava III, kus kuivlaiksuse kahjustus jäi alla 22% lehestikust ( $F_{6,21} = 16,40$ ;  $p < 0,001$ ) (tabel 1). Samas kartuli kuivlaiksuse arengule isegi soodsamates 2018. kasvuaasta tingimustes leiti, et talviste vahekultuuridega (talirüpsi ja keerispea segu) variandid nakatusid mõõnduslikult vähem kuivlaiksusega võrreldes mahe- ja tavaviljeluse kontroll variantidega (Runno-Paurson, Ereemeev, 2019). Siiski kõrgema väetusnormiga tavaviljeluse katsevariandi võrdlusest puudusid.

Viljelusviiside võrdlusest selgus, et kuivlaiksuse kahjustus oli oluliselt väiksem tavaviljeluses nakkuse alguses (29. juuli  $F_{1,26} = 14,72$ ;  $p < 0,001$ ) ja vaatlus perioodi lõpus 2. kuni 9. septembrini (2. september  $F_{1,26} = 10,02$ ;  $p < 0,01$ ; 9. september  $F_{1,26} = 13,41$ ;  $p < 0,01$ ) (joonis 3). See oli periood, kus haigus hakkas intensiivsemalt arenema. Seega olid taimed paremini toitunud, talusid stressi paremini ja haigestumine oli madalam.

Kõrgemate väetusnormidega tavasüsteemi (Tava III ja Tava II) katselappidel nakatusid kartulitaimed kuivlaiksusest üks nädal hiljem, ja ka edaspidine haiguse arengukulg oli oluliselt tagasihoidlikum võrreldes mahe- ja tavaviljeluse kontrollvariantidega. Ka on leidnud Abuley et al. (2019), et kõrgemate lämmastikunormiga väetatud taimed oli kuivlaiksusele vähem vastuvõtlikumad. Kuni 2. septembrini oli kuivlaiksuse areng mõõdukam maheviljeluse talviste kattekultuuridega viljelussüsteemide katse variantidel (Mahe I ja Mahe II). Samas väetamata tavaviljelussüsteemi ja maheviljeluse kontroll variantide katselappidel arenes kartuli kuivlaiksus üsna intensiivselt. Ka varasemates uuringutes on leitud, et kasvatustehnoloogia valikuga on võimalik mõjutada kuivlaiksuse levikut, kuna kuivlaiksuse kahjustus lehestikus oli oluliselt väiksem maheviljeluse talvise vahekultuuriga (taliraps) süsteemil kui sõnnikuga väetatud variandil (Runno-Paurson et al., 2014). Ehkki mõnedes tavaviljeluse variantides oli kuivlaiksuse kahjustus väiksem ei saa seda lugeda õnnestunud keemilise tõrje arvele. Ilmselgelt tuleb sellises kuivades taimedele stressi tekitavates tingimustes lugeda oluliseks kui hästi olid taimed toitunud. Fungitsiide kasutati kõigis neljas tavaviljelussüsteemis, kuid väetamata kontrollvariant eristus neist oluliselt suurema kuivlaiksuse lehestiku kahjustustega.

Katses kasutatud fungitsiidid olid valitud kartuli lehemädaniku tõrjeks, mistõttu katses esinenud kuivlaiksuse tõrjeks mõjunud ei avaldanud. Keskmisest kuumemate ja kuivemate kasvuaastate arv on Põhjamaades tõusnud (Kocmankova et al., 2010), mistõttu vajab kartuli kuivlaiksus tõrjeks spetsiaalseid preparaate ja ajastatud tõrjet. Seega ei piisa enam kuivlaiksusele vastuvõtliku kartulisordi kasvatamisel mõnest juhuslikust ja ajastamata tõrjekorrast, vaid on vaja rakendada senisest efektiivsemat ja spetsiifilisemat kuivlaiksuse tõrjeplaani (Runno-Paurson et al., 2015). Veelgi enam, katsed on näidanud, et suur osa Eesti kasvatatavatest kartulisortidest nakatub vähem või rohkemal määral kuivlaiksusesse (Tamela et al., 2015; Runno-Paurson





**Joonis 3.** Kartuli kuivlaiksuse arengu intensiivsus (%) mahe- ja tavaviljelus süsteemide võrdluses 2019. aastal. Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddiga. ns  $p > 0,05$ ; \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$  (Tukey HSD test)

et al., 2019). Kindlasti tuleks tootmisesse valida sordid, mis on haigusele vähem vastuvõtlikumad, et hoida kokku fungitsiidide kuludelt lehemädanikule mittesoodsal kasvuaastal.

Tegemist oli periooditi keskmisest kõrgema temperatuuri ja kuivapoolse kasvuaastaga, mistõttu kartulitaimed olid üsna tugevas stressiseisundis ja seega ka vastuvõtlikumad kuivlaiksuse tekitajatele. Visuaalsel haiguse hindamisel leiti, et esines nii klassikalisi kuivlaiksuse sümptomeid (*Alternaria solani*), kui ka teisi *Alternaria* spp. liike, mis eelistavad oma arenguks 25 °C kõrgemat temperatuuri ja nõrgestatud taime, ning tekitavad lehtedele märkimisväärselt suuri nekrootilisi alasid. Katse tulemuste ja kuivlaiksusele soodsa kasvuaasta põhjal võib väita, et kartulisort 'Teele' oli enamus kasvatustehnoloogiate korral väga vastuvõtlik kuivlaiksuse tekitajale. Siiski jäi kahjustus väiksemaks kõrgeima lämmastiku normiga väetatud variandis. Varasemas uuringus mitte nii soodsal kasvuaastal oli sordi 'Teele' kuivlaiksuse kahjustus ilma keemilist tõrjet rakendamata keskmiselt 20% (Tamela et al., 2015).

## Kokkuvõte

Tegemist oli periooditi keskmisest kõrgema temperatuuri ja kuivapoolse kasvuaastaga, mistõttu kartulitaimed olid üsna tugevas stressiseisundis ja seega ka vastuvõtlikumad kuivlaiksuse tekitajatele. Kogu vaatlusperioodi jooksul olid oluliselt rohkem kahjustatud kontroll variantide Tava 0 ja Mahe 0 katselappide taimede lehestik. Samas oluliselt väiksem kuivlaiksuse lehestiku kahjustus ilmnas kõige kõrgema väetusenormiga väetatud tavaviljeluse katsevariandil Tava III, kus kuivlaiksuse kahjustus jäi kasvuperioodi lõpuks alla 22% lehestikust. Kuni 2. septembrini oli kuivlaiksuse areng mõõdukam maheviljeluse talviste kattekultuuridega viljellussüsteemide katse

variantidel, mistõttu tasub nende tehnoloogiate mõju haiguste pärssimisele edasi uurid. Siiski tundub saadud tulemuste põhjal, et talirüpsi ja tatra talvine kattekultuuride segu ei tööta nii hästi haiguste pärssimisel kui talirapsi variant, mida on varem uuritud. Kartulisort 'Telee' on väga väärtuslik ja üsna lehemädanikukindel kodumaine sort, mida tasub tema kõrge saagipotentsiaali ja kvaliteedi tõttu kasvatada. Kuivlaiksusele mitte nii soodsates tingimustes jääb lehestiku kahjustus ka oluliselt madalamaks.

## Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus EcolChange "Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes"), ja Eesti Maaülikooli projektid P180273PKTT ja P190259PKTT.

## Kasutatud kirjandus

- Abuley, I.K., Nielsen, B.J., Hansen, H.H. 2019. The influence of timing the application of nitrogen fertilizer on early blight (*Alternaria solani*). – *Pest Management Science* **75**(4): 1150–1158.
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources in a nutshell. In Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (eds.): Soil Classification 2001. – *European Soil Bureau Research Report* No. 7, EUR 20398 EN: 173–181.
- Kocmánková E., Trnka M., Eitzinger J., Formayer H., Dubrovský M., Semerádová D., Žalud Z., Juroch J., Možný M. 2010. Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests in the Central European region. – *Climate Research* **44**: 95–105.
- Lambert, D.H., Powelson, M.L., Stevenson W.R. 2005. Nutritional interactions influencing diseases of potato. – *American Journal of Potato Research* **82**: 309–319.
- Leiminger, J., Bassler, E., Knappe, C., Bahnweg, G., Hausladen, H. 2015. Quantification of disease progression of *Alternaria* spp. on potato using real-time PCR. – *European Journal of Plant Pathology* **141**: 295–309.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* **136**: 199–209.
- Runno-Paurson, E.; Hansen, M.; Tein, B.; Loit, K.; Jõgi, K.; Luik, A.; Metspalu, L.; Ereemeev, V.; Williams, I.H.; Mänd, M. 2014. Cultivation technology influences the occurrence of potato early blight (*Alternaria solani*) in an organic farming system. – *Zemdirbyste-Agriculture* **101** (2): 199–204.
- Runno-Paurson, E., Loit, K., Hansen, M., Tein, B., Williams, I.H., Mänd, M. 2015. Early blight destroys potato foliage in the northern Baltic region. – *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* **65** (5): 422–432.
- Runno-Paurson, E., Ereemeev, V. 2019. Kartuli kuivlaiksuse esinemine sordil 'Telee'. Teaduselt mahepõllumajandusele. Tartu: SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, lk 98–102.
- Runno-Paurson, E., Hansen, M., Kotkas, K., Nassar, H., Williams, I. H., Niinemets, Ü., Einola, A. 2019. Evaluation of foliar late blight resistance of potato cultivars in northern Baltic conditions. – *Zemdirbyste-Agriculture* **106** (1): 45–52.
- Tamela, L., Runno-Paurson, E., Hansen, M., Einola, A., Einola, P. 2015. Kuivlaiksus eri kartulisortidel Einola talus. – *Agronomia* 2015, lk 166–171.

## Kartuli kuivlaiksuse hindamine Jõgeva mahekatstes

Eve Runno-Paurson<sup>1</sup>, Aide Tsahkna<sup>2</sup>, Terje Tähtjärv<sup>2</sup>, Viacheslav Eremeev<sup>1</sup>, Pille Meinson<sup>1</sup>, Helina Nassar<sup>1</sup>, Ülo Niinemets<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

<sup>2</sup>Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Runno-Paurson, E., Tsahkna, A., Tähtjärv, T., Eremeev, V., Meinson, P., Nassar, H., Niinemets, Ü. 2020. Evaluation of potato early blight development in an organic trial at Jõgeva. – Agronomy 2020.

Potato early blight, caused by *Alternaria* spp. pathogens, is one of the most common potato foliar diseases in many potato growing regions. Under favourable conditions early blight can destroy whole potato foliage and cause significant yield losses. It is a growing problem in Northern parts of Europe due to changing climate conditions, but the sensitivity of widespread potato cultivars to *Alternaria* spp. has not been studied in Estonia. In this study, early blight development was evaluated in ten potato cultivars and one breeding line in an organic field trial at the Estonian Crop Research Institute, Jõgeva, Estonia during the 2019 growing season. Due to hotter weather than the long-term average in June, the conditions were favourable for early blight dispersal, and all evaluated cultivars were infected by early blight. However there were significant differences between cultivars in the susceptibility to early blight. The most susceptible cultivar was 'Reet', while a moderate infection rate was registered for the medium-ripening breeding line 1681–11 and cultivars 'Maret', 'Jõgeva kollane' and 'Alouette'. In the late season on potato cultivars 'Kuras', 'Sarme', 'Anti', 'Ando' and 'Juku' and medium-late cultivar 'Teele', early blight disease did not cause a considerable damage. The current study demonstrates a large variability in early blight disease resistance among widespread potato cultivars grown in Estonia and demonstrates the potential by reducing early blight disease damage by using more resistant cultivars.

**Keywords:** potato early blight, potato cultivars, organic cultivation

### Sissejuhatus

Aina rohkem tuleb Eestis ette aastaid, mil saame tõdeda, et kartuli-kuivlaiksus on haigus, mis ilmub kartulipõldudele sagedamini ning kahjustab oluliselt kartuli lehes-tikku. Paraku on selliseid keskmisest kuivemad ja kuumemaid kasvuaastaid meil jär-jest rohkem. Ka näitavad vastavaalased prognoosisüsteemid, et selliste kuumemate suvede arvukus on Põhjamaades tõusnud ja tõuseb ka tulevikus (Kocmánková et al., 2010; Pulatov et al., 2015). Mis siis oleks lahendus? Kuna kuivlaiksus on just vas-tuvõtlike kartulisortide probleem, siis maheviljeluses on mõjusaimaks tõrjevõtteks haigusele vastupidavamate sortide valik. Ka on näidanud erinevad katsed siin Eestis ja mujal (Runno-Paurson et al., 2019), et sordiresistentsus kartuli kuivlaiksuse suh-tes ei ole senini olnud prioriteediks aretusprogrammides. Seega on enamus suurtel pindadel kasvatatavad sordid nakatuvad kas vähemal või rohkemal määral kuivlaik-susesse, ja seda ka haigusele mitte nii soodsatel aastatel (Tamela et al., 2015). Kartu-lil tekitab kuivlaiksust peamiselt *Alternaria solani*, kuid ka mitmed teised *Alternaria* spp. liigid, mis vajavad arenguks väga kõrgeid temperatuure (Mulder, Turkensteen, 2005). 2018 kasvuaastal esines korduvalt kuumalaineid, mil õhutemperatuur tõu-

sis üle 28°C. Need kuumalained põhjustasid taimedel stressi, vähendades taimede kasvukiirust, samas luues haigustekitajale suurepärased arengutingimused (Runno-Paurson, Eremeev, 2019). Paraku puudub enamiku Eestis kultiveeritavate kartulisortide kohta info kartuli kuivlaiksuse vastuvõtlikkuse või resistentsuse kohta. Eriti maheviljeluses on eelkõige pööratud tähelepanu kartuli lehemädaniku mitte kuivlaiksuse kindlusele. Käesoleva töö eesmärgiks oli hinnata maheviljeluseks sobivatel üheksal Eesti (ETKI) ja kahel Hollandi (Agrico) kartulisordil ja aretisel kuivlaikusekindlust haigusele soodsal kasvuaastal.

## Materjal ja meetodika

Kartuli mahekatse rajati 2019. aastal Jõgeval Eesti Taimakasvatuse Instituudi (ETKI) katsepõllule. Uurimistöös hinnati 10 erineva maheviljeluseks sobiva sordi ('Ando', 'Anti', 'Jõgeva kollane', 'Juku', 'Maret', 'Reet', 'Sarme' ja 'Teele' ETKI'st ja 'Alouette' ja 'Kuras' Hollandi sordiaretusfirmast Agrico) ja ühe perspektiivse aretise (1681-11 ETKI'st) tundlikkust *Alternaria* spp. infektsioonile. Kõik mahekatsesse valitud kartulisordid valiti selliselt, et nad oleksid kas väga või üsna lehemädaniku-kindlad ja sobiksid maheviljelemiseks.

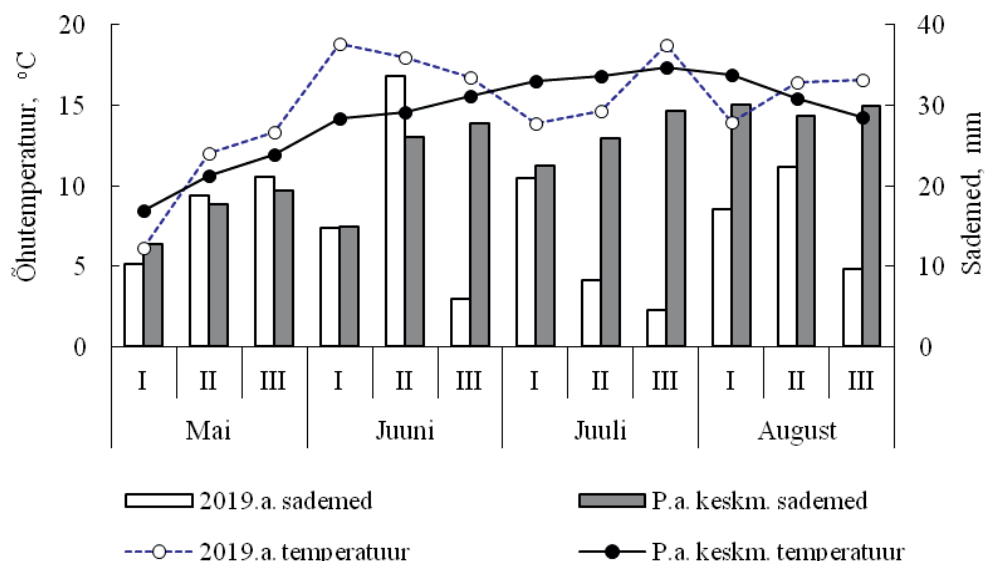
Katsepõld asus keskmise liivsavi lõimisele leostunud mullal. Eelviljaks oli punane ristik, mis viidi sügiskünniga mulda. Kevadel kultiveeriti, tehti sügav kobestus, kultiveeriti veelkord ning kartulipanek toimus 15. mail. Katse rajamisel pandi vakku maheväetist Must Pärl (BIOCAT G), normiga 300 kg ha<sup>-1</sup>. Katsed rajati kolmes korduses NNA (Nearest Neighbours Analyses) meetodi järgi. Kartuli kasvuaegse hooldamisena mullati katset kolm korda – 30. mail, 7. ja 18. juunil ja äestati kaks korda – 31. mail ja 11. juunil. Mahekatset kõblati enne teist ja kolmandat muldamist. 17. juunil täheldati katses kartulimardikate mõningast infektsiooni. Kartulimardikad eemaldati katsetaimedelt käsitsi kuni suve lõpuni, sagedusega kord nädalas. Katse koristati 23. septembril. Kartuli kuivlaiksuse kahjustust hinnati visuaalselt, loodusliku nakkuse tingimustes kahel korral, 30. juulil ja 18. augustil. Kuivlaiksuse hindamisel kasutati 0–100% hindamisskaalat. Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades dispersioonanalüüsi. Erinevate sortide ja hindamisaegade vaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ).

## Tulemused ja arutelu

2019. aasta kasvuperiood oli Jõgeval äärmiselt kuiv. Juuni algusest kuni augusti lõpuni oli sademete summa 137 mm, mis on oluliselt vähem kui 300 mm, mida loetakse optimaalseks kartuli kasvamisel liivsavi muldadel (Jõudu, 2002). Eriti vähe sademeid oli juuni III, juuli II ja III ning augusti III dekaadil (joonis 1). Paljude aastate keskmine sademete summa Jõgeval juunist augusti lõpuni on 236 mm, mis on samuti väiksem optimaalsest. Kasvuperioodi õhutemperatuur Jõgeval alates mai keskelt kuni juuni lõpuni, juuli III dekaad ja augusti keskpaigast alates oli kõrgem võrreldes paljude aastate keskmiste sama aja õhutemperatuuridega (joonis 1). Väheste sademete tõttu olid kartuli kasvutingimused Jõgeval väga ebasoodsad,

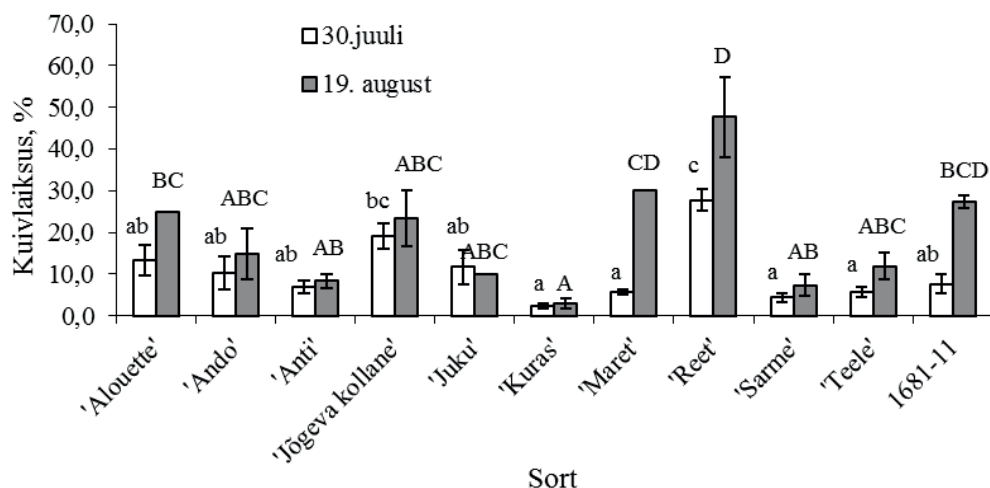
mille tõttu omakorda suurenes vastuvõtlikkus erinevatele lehestiku haigustele. Kuivlaiksusetekitaja nakatab kergemalt eelnevalt abiootilisest stressist nõrgestatud taimi (Tshakna, Tähtjärv, 2011; Mulder, Turkensteen, 2005).

Kartuli kuivlaiksuse esinemist hinnati sellest maheviljeluse katses kahel korral. Esimesel vaatlusel mugulate intensiivse kasvamise ajal 30. juulil olid nakatunud kõik sordid, kuid lehestiku kahjustus varieerus oluliselt, 2,3%-st kuni 27,7%-ni (joonis 2). Oluliselt vähim nakatunud olid sortide 'Kuras', 'Sarme', 'Maret' ja 'Teele' lehestikud, kus kahjustus jäi alla 6% (joonis 2). Samas oluliselt rohkem oli lehestik kahjustunud sortidel 'Reet' (keskmine  $\pm$ SE = 27,7 $\pm$ 2,6%), 'Jõgeva kollane' (19,0 $\pm$ 3,1%) ja 'Alouette' 13,3 $\pm$ 3,7%) (joonis 2).



**Joonis 1.** Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Jõgeval vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate 1922–2019 keskmisega

Teisel hindamisel mugulate küpsemise alguses 19. augustil oli kuivlaiksuse kahjustus oluliselt kõrgem sordil 'Reet' ( $F_{10,22} = 9,60$ ,  $p < 0,001$ ), kus lehestiku kahjustus oli ligi 50,0 $\pm$ 9,6% (joonis 2). Samas statistika olulist kahjustuse intensiivistumise tõusu ei kinnitanud ( $F_{1,4} = 4,04$ ;  $p = 0,11$ ). Ka oli kuivlaiksus oluliselt kiiremini edasi arenenud sortidel 'Maret' ( $F_{1,4} = 1332,3$ ;  $p < 0,001$ ) ja 'Alouette' ( $F_{1,4} = 9,9$ ;  $p = 0,034$ ) ja aretisil '1681-11' ( $F_{1,4} = 51,19$ ;  $p < 0,01$ ). Sordil 'Maret' oli kahjustunud 30,0 $\pm$ 0,0% ja sordil 'Alouette' 25,0 $\pm$ 0,0% lehestikust ja aretisil 1681-11 27,3 $\pm$ 1,5% lehestikust (joonis 2). Samas teistel sortidel jäi tõus tagasihoidlikuks (joonis 2) ja madalaim kahjustusmäär registreeriti sordil 'Kuras' (3,0 $\pm$ 1,2%).



**Joonis 2.** Kartuli kuivlaiksuse hindamine (%) Jõgeva sordivõrdlus katses 2019. aastal. <sup>1</sup>Erinevad väiksed tähed samas tulbas tähistavad statistiliselt olulist erinevust esimesel hindamisel (Tukey HSD test,  $p < 0,05$ ). <sup>2</sup>Erinevad suured tähed samas tulbas tähistavad statistiliselt olulist erinevust teisel hindamisel (Tukey HSD test,  $p < 0,05$ ). \* Tähistavad statistiliselt olulist erinevust kahe hindamise vahel  $*p < 0,05$ ;  $**p < 0,01$ ;  $***p < 0,001$  (Tukey HSD test). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

Läbiviidud katse näitas, et kartulisordid erinevad oluliselt kuivlaiksuse vastuvõtlikkuse poolest. Meie katses varajasi kartuli sorte ei esinenud, kuid keskmise ja keskvarajase valmimisajaga sordid nagu 'Maret', 'Reet' ja 'Alouette' ning aretis 1681-11 olid vastuvõtlikumad kuivlaiksusele kui hilisemad sordid. On leitud, et hilisema valmimisajaga sordid on reeglina kuivlaiksuse suhtes resistentsemad ja varajased sordi jällegi vastuvõtlikumad, kuid esineb ka erandeid (Xue et al., 2019).

## Kokkuvõte

Katseaasta sobis väga hästi kartuli kuivlaiksuse hindamiseks, sest oli haigustekitajale üsna soodne. Kõik mahekatsetesse valitud kartulisordid nakatusid kuivlaiksusesse. Siiski esinesid olulised erinevused katsesse valitud 11 kultivari vahel (10 sorti ja üks aretis). Mugulate moodustumise faasis 18. augustil oli sordil 'Reet' nakatunud juba ligi 50% lehestikust, mistõttu on tegemist haigusele üsna vastuvõtliku sordiga. Seega selle sordi valikul tuleb kõrgema kuivlaiksusele vastuvõtlikkusega arvestada. Samuti tuleb keskmisest kuumematel ja sademetevaesematel kasvuaastatel arvestada aretisel 1681-11 ja sortidel 'Maret', 'Jõgeva kollane' ja 'Alouette' mõõduka kuivlaiksuse vastuvõtlikkusega. Enamusel sortidel, 'Kuras', 'Sarme', 'Anti', 'Ando', 'Teele' ja 'Juku', kuivlaiksuse kahjustus siiski olulist rolli lehtede kahjustajana taimede kasvu määramisel ei mänginud.

## Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus EcolChange “Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes”), Riiklik uurimisprojekt „Mahepõllumajanduses Eestis kasutamiseks sobivad sordid (2016–2020)“ ja Eesti Maaülikooli projektid P180273PKTT ja P190259PKTT. Suur tänu kõigile kartuli aretusrühma katsetehnikutele Eesti Taimakasvatuse Instituudist!

## Kasutatud kirjandus

- Jõudu, J. 2002. Kartuli kasvu mõjutavad tegurid. Kartulikasvatus. Koost. Juhan Jõudu. Tartu lk 69–97.
- Kocmánková, E., Trnka, M., Eitzinger, J., Formayer, H., Dubrovský, M., Semerádová, D., Žalud, Z., Juroch, J., Možný, M. 2010. Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests in the Central European region. – *Climate Research* **44**: 95–105.
- Mulder, A., Turkensteen, L.J. 2005. Early blight. Potato Diseases. Plantijn Caspaire, pp 19–20.
- Pulatov, B., Linderson, M.L., Hall, K., Jönsson, A.M. 2015. Modeling climate change impact on potato crop phenology, and risk of frost damage and heat stress in northern Europe. – *Agricultural and Forest Meteorology* **214–215**: 218–292.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* **136 (1)**: 199–209.
- Runno-Paurson, E., Eremeev, V. 2019. Kartuli kuivlaiksuse esinemine sordil 'Teele'. Teaduselt mahepõllumajandusele. Tartu: SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, lk 98–102.
- Runno-Paurson, E., Hansen, M., Kotkas, K., Nassar, H., Williams, I. H., Niinemets, Ü., Einola, A. 2019. Evaluation of foliar late blight resistance of potato cultivars in northern Baltic conditions. – *Zemdirbyste-Agriculture* **106 (1)**: 45–52.
- Tamela, L., Runno-Paurson, E., Hansen, M., Einola, A., Einola, P. 2015. Kuivlaiksus eri kartulisortidel Einola talus. – *Agronoomia* 2015, lk 166–171.
- Tsahkna, A., Tähtjärv, T. 2011. 2010. a. suve mõju kartuli saagi kvaliteedile. *Efektivne taimakasvatus. Aastaseminar 2011*. Jõgeva, lk 62–67.
- Xue, W., Haynes, K.G., Qu, X. 2019. Characterization of early blight resistance in potato cultivars. – *Plant Disease* **103 (4)**: 629–637.



# Väetamise mõju nisu pruunlaiksuse esinemisele Kadrina talinisu tootmiskatses

Eve Runno-Paurson<sup>1</sup>, Jakob Johan Lindam<sup>1,2,3</sup>, Viacheslav Eremeev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

<sup>2</sup> Aru Põllumajanduse OÜ

<sup>3</sup> Põllumeeste ühistu Kevili

**Abstract.** Runno-Paurson, E., Lindam, J.J., Eremeev, V. 2020. Influence of fertilization on tan spot occurrence in farm production trial at Kadrina – Agronomy 2020.

Wheat is one of the world's most important food source. In Europe, approximately 24% of the whole wheat production is used for food. The aim of this research was to study the effect of different nitrogen fertilizer types to disease spread on wheat cultivar 'Ramiro'. Thus, the hypothesis was – plots where no fungicides were applied will be more prone to diseases and produce lower yield. This field experiment was carried out during the 2017/2018 growing season at farm production field. During the experiment some treatments were given in addition to mineral or liquid nitrogen during the last leaf emergence. To compare the results, control plot did not receive any additional nitrogen. In addition, every treatment had a duplicate version where no fungicide was applied, to study the effect of diseases. Weather conditions during the field experiment season were extremely hot and dry compared to long-term average. In this trial tan spot was assessed. During active growth period, tan spot spread was evaluated twice: firstly right before applying the fungicide at stage BBCH 53, secondly at kernel late milk stage (BBCH 75–77). Tan spot spread had notable impact on the yield. Treatments where fungicide was not used produced 0.5–1.0 t ha<sup>-1</sup> less yield. There was less tan spot infection on variants where fungicide and additional nitrogen had been applied.

**Keywords:** winter wheat, yield, tan spot, nitrogen fertilization, production field

## Sissejuhatus

Nisu-pruunlaiksust (DTR) põhjustab patogeenne seen *Pyrenophora tritici-repentis*. Nisu-pruunlaiksus on maailmas väga laialt ning kiiresti leviv teravilja haigus, mistõttu peetakse haigustekitajat üheks põhiliseks ohuks nisu kogutoodangu piiramisel kogu maailmas (Schierenbeck *et al.*, 2019). Haigustekitaja levikut soodustab soe temperatuur ja niiske kliima. Peamiseks peremeestaimeks patogeenile *P. tritici-repentis* on nisu, kuid nakatuda võivad ka mõned odra sordid, tritikale ja mitmed looduslikud kõrrelised taimed nagu harilik orashein (Ronis, Semaškiene, 2006). Nisu-pruunlaiksust täheldati Euroopas esmakordselt 1970ndatel ning sellest ajast alates on haigustekitajast tulenevad probleemid talinisu kasvatamisel muutunud üha enam aktuaalsemaks (Oliver *et al.*, 2007). Balti riikides hakkas nisu-pruunlaiksus levima 21. sajandi alguses. Esimene suurem haiguse levik Leedus oli 2004. aastal, kui sadas palju vihma ja temperatuurid olid optimaalsed (Ronis, Semaškiene, 2006). Eestis hakkas haigus levima 2000. aastate alguses Eesti Taimekasvatuse Instituudi katsepõldudel (Eve Runno-Paursoni vaatlused).

Seoses kuumemate suvedega arvu kasvuga Põhjamaades (Kocmánková *et al.*, 2010) on DTR üks nisu peamisi lehestiku haigusi. Põhiline nakatumise kriteerium



on tilkvee olemasolu ja kõrgem õhutemperatuur. Jahedamatel suvedel nagu näiteks oli 2017. kasvuhooajal jäi nisu-pruunlaiksuse kahjustus Jõgeval Eesti Taimekasvatuse Instituudi sordivõrdlus katses väga madalaks, varieerudes sorditi 2,0–3,5 palli võimalikust 9-st (Islamov, Ingver, 2019). Minimeeritud mullaharimine ja otsekülv soodustavad haiguse levikut, sest talvitub taimejäänustel (Jorgensen, Olsen, 2007). Kuiv ja jahe talv koos õhukese lumikattega pidurdab haigusetekiata levikut. Haigusetekiata kontrolli all hoidmiseks tuleb kasutada erinevaid võtteid: keemiline tõrje, mis aitab levikut piirata; külvikord, kus ei oleks monokultuuri kasvatamist, et haigusetekiatal poleks pidevat peremeest, millel areneda; haiguskindlate sortide kasvatamine ja koristusjärgne sügav harimine (Rooma, Marrandi, 2016).

Kadrinas paiknev talinisu tootmiskatse rajati lähtuvalt Aru Põllumajanduse OÜ (edaspidi Aru PM) ja põllumeeste ühistu Kevili ühisest algatusest. Katse käigus võrreldi erinevaid tootmistehnoloogiaid ning nende mõju taimehaiguste levikule. Seega valiti katsesse kuus erinevat varianti, kus võrreldi loomise faasis (BBCH 51) vedelal ja granuleeritud kujul lämmastiku andmise mõju ning neid võrreldi omakorda kontrollvariandiga ning kolmel neist tehti ka haigustõrje.

Uurimustöö eesmärgiks oli võrrelda, kuidas mõjutavad erinevad lämmastikväetised ja fungitsiidid nisu-pruunlaiksuse levikut talinisu 'Ramiro' tootmiskatses põuase katse aasta tingimustes. Seati järgmised hüpoteesid: 1) loomise faasis antud lisälämmastik vedelal kujul vähendab nisu-pruunlaiksuse esinemist; 2) haigustõrjeta katsevariandi taimedel on haiguskahjustus kõrgem.

## Materjal ja meetodika

Nisu-pruunlaiksuse esinemist hinnati talinisu väetuskatses, mis rajati Aru PM talinisu sordi 'Ramiro' tootmispõllule Lääne-Virumaal Kadrina vallas Vandu külas. Katses esinesid järgmised variandid: 1) KontrollF sai kokku 160 kg lämmastikku hektarile ning tehti haigustõrje, 2) GraanulF, millele lisati loomise faasis lisälämmastikku 20 kg ha<sup>-1</sup> graanulväetise kujul ning teostati haigustõrje, 3) VedelF, kus lisati loomise faasis KAS-32 vedelväetist 20 kg ha<sup>-1</sup> ja tehti haigustõrje, 4) Kontrollvariant, kuhu lisati kokku 160 kg ha<sup>-1</sup>, kuid ei tehtud haigustõrjet, 5) Graanul, millele lisati loomise faasis lämmastikku 20 kg ha<sup>-1</sup> graanulväetisena, kuid ei tehtud haigustõrjet, 6) Vedel, millele anti loomise faasis lisälämmastikku 20 kg ha<sup>-1</sup> KAS-32 vedelväetisena, kuid ei tehtud haigustõrjet.

Haigusetõrje tehti variantidel KontrollF, VedelF ja GraanulF 4. juunil. Haigusetõrje tehti Bayer CropScience'i poolt toodetud fungitsiidiga Prosaro (toimeained protikonasool 125 g l<sup>-1</sup> ja tebukonasool 125 g l<sup>-1</sup>), mis on laia toimespektriga süsteemne fungitsiid. Haiguse leviku tagasihoidliku ulatuse tõttu kasutati katsealal kõige madalamat kulunormi 0,75 l ha<sup>-1</sup>.

Taimehaiguste leviku jälgimine toimus väetamiskatses järjepidevalt. Katses esines nisu pruunlaiksust (DTR), mille visuaalne hindamine toimus kahel korral. Teisi haigusi talinisu katses 2018. aasta kasvuaastal ei esinenud. Esimene hindamiskord oli pruunlaiksuse leviku alguses, päev enne fungitsiidi kasutamist 6. juunil (BBCH 53) ja teine hindamine toimus 1. juuli piimküpsuse faasis (BBCH 75–77). Hindamiste aeg sõltus haiguse leviku algusest ja fungitsiidi pritsimise ajast, et võrrelda mõne aja

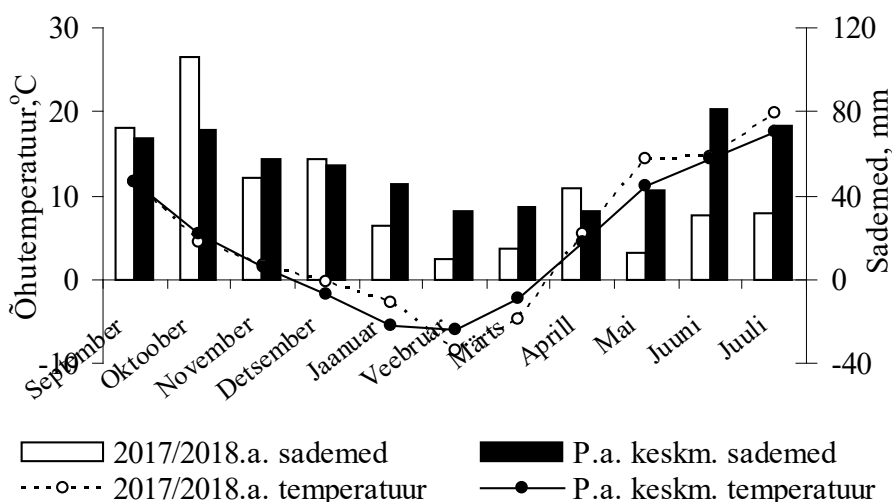
möödudes haigustõrje mõju põllul. Nisu pruunlaiksuse esinemist hinnati talinisel erinevatel töötlustel kolmes korduses, igas korduses 30 taimel (10 vaatluspunkti 3 taime) esimesel ja teisel lehel. Selleks määrati visuaalse vaatluse teel haigussümptomitega kaetud lehepind protsentides vaadeldava lehe kogupinnast (James, 1971).

Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades ühesuunalist dispersioonanalüüsi. Variantide vaheliseks võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ).

## Tulemused ja arutelu

Keskmine õhutemperatuur 2018. aasta maikuus, juunis (v.a. III dekaad) ja juulis oli Väike-Maarja ilmaandmetel kõrgem paljude aastate keskmisest (joonis 1). Samas oli sademeid oluliselt vähem maist kuni juulini (joonis 1). Seega olid kasvuaasta ilmastikutingimused nisu-pruunlaiksuse arenguks ja levikuks üsna soodsad, sest patogeeni optimaalseks arenguks sobib keskmiselt kõrgem temperatuur, 20–28 °C ja niiskuseks piisab tilkvee kätte saadavusest (Dixon, 1998). Samuti võib lugeda tootmispõllu haigusfooni madalaks, kuna ettevõtte konkreetsel talinisu põllul ei viljeletud nisu-nisu järel. Nisu-pruunlaiksusesse nakatumine oluliselt suureneb nisu monokultuuris kasvatamisel (Mazzilli *et al.*, 2016).

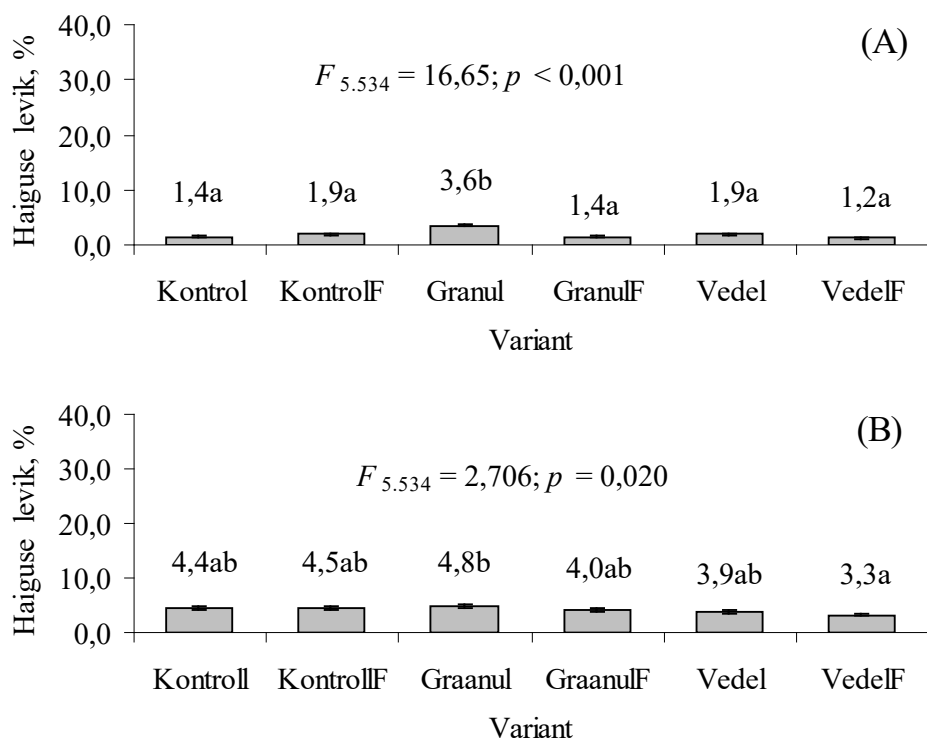
Nisu-pruunlaiksuse esimesel hindamisel 6. juunil varieerus haiguse esinemine variantide vahel oluliselt nii lipulehel ( $F_{(5,534)} = 16,65$ ;  $p < 0,001$ ) kui ka teisel lehel ( $F_{(5,534)} = 2,71$ ;  $p = 0,02$ ) (joonis 2A). Teise lehe kahjustus oli oluliselt kõrgem variandi Graanul taimedel, kus kahjustunud oli 4,8% lehepinnast (joonis 2B). Madalaim kahjustus oli variandi VedelF lehtedel (3,3%). Lipulehel oli sarnaselt oluliselt rohkem kahjustunud variant Graanul (3,6%) (joonis 2A). Madalaim oli haiguskahjustus variandil VedelF (1,2%), kuid see ei erinenud oluliselt teistest katsevariantidest (joonis 2A).



**Joonis 1.** Igakuine keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) Väike-Maarjas talinisu vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate 2004–2018 keskmisega

Teisel hindamisel 1. juulil oli 2. lehe kahjustus oluliselt kõrgem variandil Kontroll ( $F_{(5,534)} = 13,02$ ;  $p < 0,001$ ), kus oli kahjustunud 31,4% lehepinnast (joonis 3B). Ka variantidel Graanul (29,6%), Vedel (27,1%) ja KontrollIF (26,2%) olid lehed haigemad võrreldes haigustõrjet ja lisalämmastikku saanud variantidega VedelF (19,6%) ja GraanulF (21,2%). Lipulehe kahjustus varieerus oluliselt katsevariantide vahel ( $F_{(5,534)} = 8,17$ ;  $p < 0,001$ ). Kõige madalam kahjustus oli variandi GraanulF lipulehtedel (3,9%) (joonis 3A).

Haigustõrjeta Kontroll variandil oli teisel hindamisel nii lipuleht kui ka 2. leht rohkem haigestunud. Fungitsiidiga pritsimine vähendas oluliselt haigestumist nisu-pruunlaiksusesse. Teisel hindamiskorral oli haigustõrjeta variandid Kontroll, Graanul ja Vedel oluliselt rohkem haigestunud võrreldes haigustõrjet saanud variantidega VedelF, GraanulF ja KontrollIF. Kõige madalam oli haiguskahjustus variandi VedelF taimedel. Järelikult tuli sellisel kuival aastal lisalämmastik vedelal kujul taimele kasuks, sest taimed olid pruunlaiksusele vähem vastuvõtlikumad (joonis 3B). Saadud tulemuste põhjal võime järeldada, et kui haigustõrje tegemata jätta, siis kasvatustehnoloogiaga usutavalt vähemat haiguse levikut saavutada võimalik ei ole. Fungitsiidide kasutamisel saadakse üldiselt head efekti pruunlaiksuse ja hele-

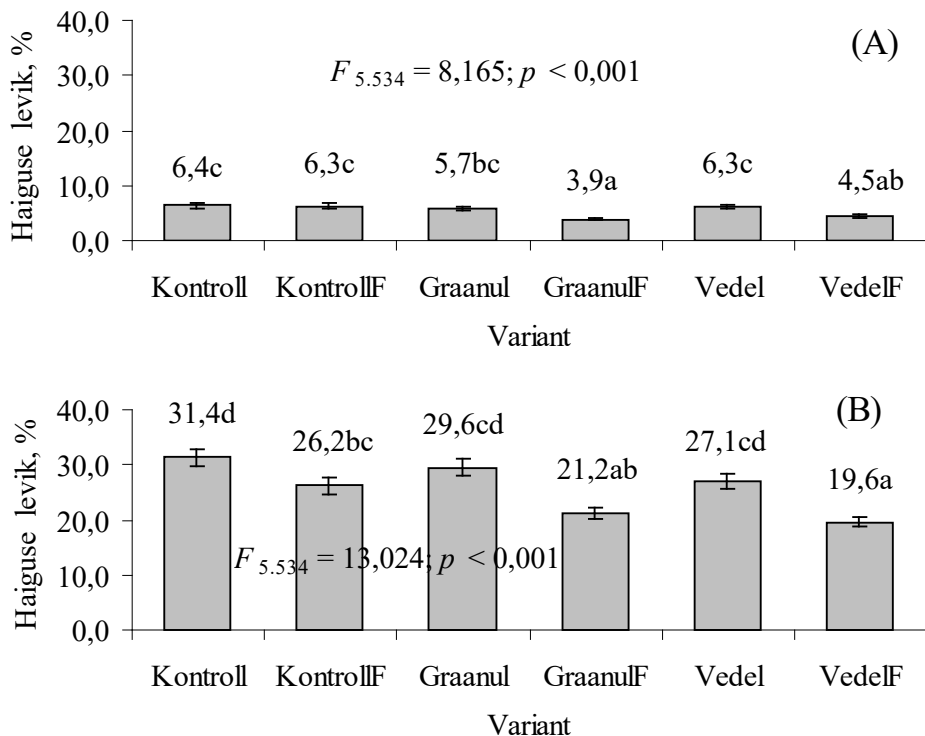


**Joonis 2.** (A, B). Haigustõrjega ja haigustõrjeta variantide ja nisu-pruunlaiksuse leviku vaheline usutav seos. Joonis A lipulehe I hindamine, Joonis B 2. lehe I hindamine. Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust variantide vahel (Turkey HSD test,  $p < 0,05$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standardviga

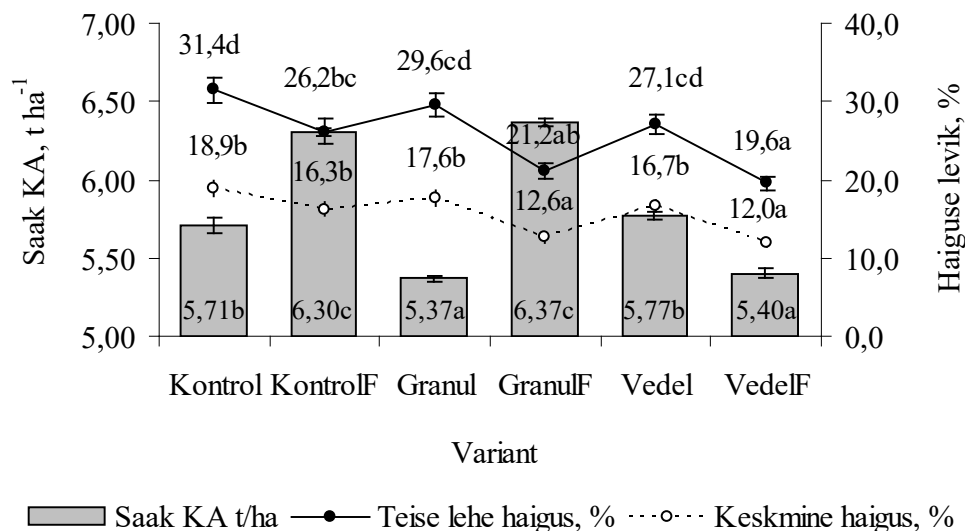
laiksuse vähendamisel (Castro *et al.*, 2018), kuid seda ei pruugi saavutada põuastes oludes, kus taimed on tugevas stressis. Meie katse tulemusest selgub, et ka põuastes tingimustes oli haigustõrje mõjus. Seega tuleks ka selliste kõrgemate temperatuuriga suvede korral rakendada keemilist haigustõrjet, sest nisu-pruunlaiksus on meil selistes ilmastikus tingimustes oluline nisupõldude kahjustaja.

Talinisu keskmist saagikust erinevatel katse variantidel võrreldi teise hindamise (1. juulil) teise lehe kui ka kogu taimeistiku haigestumismääraga (%) (joonis 4). Oluliselt vähem oli kahe lehe keskmisena kahjustunud variandi VedelF lehestik ( $p < 0,001$ ), kuid samas saagikus jäi katses madalaimaks (joonis 4). Samuti olid tervemad taimed variandis GraanulF (12,6%). Mõlemas katsevariantis lisati loomise faasis juurde lisälämmastikku ja tehti ka haigusetõrje. Teine leht oli enim haigestunud variantidel Kontroll (31,44%), Vedel (29,56%) ja Graanul (27,06%) (joonis 4), kus ei teostatud ka haigustõrjet. Haigustõrjeta variantidel Graanul, Kontroll ja Vedel jäid saagikused madalamaks võrreldes haigustõrjet saanud variantide GraanulF ja KontrollF (joonis 4).

Variant KontrollF oli põuase aasta kohta väga saagikas, seal teostati ka haigusetõrje, kuid lisälämmastikku loomise faasis sellele variandile juurde ei lisatud. Kontroll variandi kõrgemat haigestumise levikut (26,26%) võib seletada taimede



**Joonis 3.** (A, B). Haigustõrjega ja haigustõrjeta variantide ja nisu-pruunlaiksuse leviku vaheline usutav seos. Joonis A lipulehe II hindamine, Joonis B 2. lehe II hindamine. Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust variantide vahel (Turkey HSD test,  $p < 0,001$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviiga.



**Joonis 4.** Talinisu ‘Ramiro’ saagi ja nisu-pruunlaiksuse leviku võrdlus. Erinevad tähed tähistavad statistilist olulist erinevust variantide vahel (Turkey HSD test,  $p < 0,05$ ). Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviaga.

suhteliselt nõrga seisuga peale pikka kuiva perioodi, mis algas juba märtsikuus ning kestis maist juuli lõpuni. Teised variandid, kus teostati haigustõrje ja anti juurde ka lisälämmastik, olid taimed tunduvalt tervemad. Neist katsevariantidest, millele lisälämmastikku ei antud oli nisu-pruunlaiksust enim haigustõrjeta Kontroll variandi taimedel.

Nisu-pruunlaiksuse levikut on vaja piirata, sest tekitab olulist majanduslikku kahju, mis avaldub nisu saagi vähendamisel. Pruunlaiksuse suure leviku tagajärjel võib saagikadu nisul ulatuda üle 50% (Lamari, Bernier, 1994). Teadusallikad viitavad otsesele seosele haiguse leviku ja saagikuse vahel (Feledyn-Szewczyk *et al.*, 2014). Siiski meie toomiskatse tulemuste põhjal põuase katseaasta tingimustes keskmise saagikuse ja haiguste levik vahel usutavat seost ei leitud. Sarnases Kanada väetuskatses saadi haigustõrjega töödeldud variantidel saagilisa ligi 11% (Martin, Brinkman, 2012).

## Kokkuvõte

Uurimustöö eesmärgiks oli talinisu tootmiskatse põhjal välja selgitada erinevate kasvatustehnoloogiate mõju haiguste levikule. Katseaastal olid põuased ilmastiku tingimused ning ainuke lööbinud haigus oli nisu-pruunlaiksus. Põldkatse läbiviimisel selgus, et KontrollF ja Kontroll variandid haigestusid teiste variantidega võrreldes kõige enam. Seega võib järeldada, et vedela lisälämmastiku andmine loomise faasis omas nisu-pruunlaiksuse levikule negatiivset mõju.

Teine hüpotees, et haigustõrjega katsevariantidel on haiguse levik väiksem ja seetõttu kujuneb kõrgem saagikus, leidis töös kinnitust. Fungitsiidi mõjul (prepa-

raat Prosaro, norm  $0,75 \text{ t ha}^{-1}$ ) vähenes oluliselt nisu-pruunlaiksuse levik taimede lehtedel. Saagilisa saavutati katses nendel variantidel, kus teostati haigusetõrje, v.a. vedelväetise puhul. Talinisu saagi formeerumisel on lipulehe kaitsmine oluline, mistõttu haigusetõrje tegemine vähendas haiguse levikut ligi neljandiku võrra. Haigusetõrjega variantide saagikused olid  $0,55\text{--}1,00 \text{ t ha}^{-1}$  kõrgemad. Nisu-pruunlaiksuse nakatumise vältimiseks tuleks lähtuda eelkõige ennetavatest meetoditest, kuid laialdase leviku korral tuleks kasutada fungitsiide, et vältida suuri saagikadusid.

## Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus EcolChange “Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes”) ja Eesti Maaülikooli projektid P180273PKTT ja P190259PKTT.

## Kasutatud kirjandus

- Castro, A.C., Fleitas, M.C., Schierenbeck, M., Gerard, G.S., Simon, M.R. 2018. Evaluation of different fungicides and nitrogen rates on grain yield and bread-making quality in wheat affected by *Septoria tritici* blotch and yellow spot. – *Journal of Cereal Science* **83**: 49–57.
- Dixon, G.R. 1998. Diseases of small grain cereal crops. Iowa state University Press, 142 p.
- Feledyn-Szewczyk, B., Kuś, J., Jończyk, K., Stalenga, J. 2014. The suitability of different winter and spring wheat varieties for cultivation in organic farming. *Agricultural and Biological Sciences*. – *Organic Agriculture Towards Sustainability*, pp. 197–225.
- Islamov, B., Ingver, A. 2019. Seenhaiguste esinemine Eestis kasvatatavatel suvinisu sortidel. – *Agronoomia* 2019, lk 137–142.
- James, W.C. 1971. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation, and usage. – *Canadian Plant Disease Survey* **51**: 39–65.
- Jorgensen L.N., Olsen L.V. 2007. Control of tan spot (*Drechslera tritici-repentis*) using cultivar resistance, tillage methods and fungicides. – *Crop Protection* **26** (11): 1606–1616.
- Kocmánková, E., Trnka, M., Eitzinger, J., Formayer, H., Dubrovský, M., Semerádová, D., Žalud, Z., Juroch, J., Možný, M. 2010. Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests in the Central European region. – *Climate Research* **44**: 95–105.
- Lamari, L., Bernier, C.C. 1994. Temperature induced resistance to tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) of wheat. – *Canadian Journal of Plant Pathology* **16** (4): 279–286.
- Martin, J., Brinkman, P. 2012. Wheat yield, quality, and profitability as affected by nitrogen application rate, foliar fungicide application, and wheat variety in soft red winter wheat. The University of Guelph. pp. 2–115.
- Mazzilli, S.R., Ernst, O.R., de Mella, V.P., Perez, C.A. 2016. Yield losses on wheat crops associated to the previous winter crop: impact of agronomic practices based on on-farm analysis. *European Journal of Agronomy* **75**: 99–104.
- Oliver, R.P., Lord, M., Rybak, K., Faris, J.D., Solomon, P.S. 2007. Emergence of tan spot disease caused by toxigenic *Pyrenophora tritici-repentis* in Australia is not associated with increased deployment of toxin-sensitive cultivars. – *Phytopathology* **98** (5): 488–491.
- Rooma L., Marrandi K. 2016. Taimahaigused ja -kahjurid, umbrohud. Järvamaa kutseshariduskeskus. 36 lk.

- Ronis, A., Semaškiene, R. 2006. Development of tan spot in winter wheat under field conditions. – *Agronomy Research* **4**: 331–334.
- Schierenbeck, M., Fleitas, M.C., Gerard, G.S., Dietz, J.I., Simon, M.R. 2019. Combinations of fungicide molecules and nitrogen fertilization revert nitrogen yield reductions generated by *Pyrenophora tririci-repentis* infections in bread wheat. – *Crop Protection* **121**: 173–181.

## Ebahukaste ristõielistel õlikultuuridel

Eve Runno-Paurson<sup>1,2</sup>, Peeter Lääniste<sup>1</sup>, Viacheslav Ereemeev<sup>1</sup>, Ülo Niinemets<sup>1</sup>, Luule Metspalu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

<sup>2</sup>Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

---

**Abstract.** Runno-Paurson, E., Lääniste, P., Ereemeev, V., Niinemets, Ü., Metspalu, L. 2020. Downy mildew infection on different cruciferous crops. – Agronomy 2020.

So far downy mildew (*Hyaloperonospora brassicae*) has been considered as a minor disease. However, under intensive cultivation system and short rotation interval, the impact of the disease could increase in the future, especially under predicted more humid northern climatic conditions. In this study, the severity of downy mildew infection was assessed in cruciferous crops in Estonia. In the growing season 2011, downy mildew infection severity was assessed in six different cruciferous crops (*Brassica napus*, *B. juncea*, *B. nigra*, *Sinapis alba*, *Raphanus sativus*, *Eruca sativa*) in field trials at Eerika, Tartu County, Estonia (58°21'N, 26°39'E; ca 64 m.a.s.l.). Four disease assessments were done during the growing season. The overall disease pressure was high, especially at the last monitoring date at the end of July. Based on our field trial results, *S. alba*, *E. sativa* and *R. sativus* plants were significantly less infected by downy mildew compared to other tested crops, and particularly severe foliage damage was observed in spring oilseed rape (*B. napus*) and black mustard (*B. nigra*). We conclude that downy mildew is an important emerging pathogen, which should be monitored in different oilseed cruciferous crops in Estonia.

**Keywords:** cruciferous crops, downy mildew, disease infection

---

### Sissejuhatus

Ristõielised õlikultuurid raps ja rüps on olnud alates 1990. aastate keskpaigast Eestis olulisteks „rahakultuurideks“ – nende kasvupinnad laienesid hüppeliselt ja see kulmineerus 2010. aastal 100 000 hektariga (ESA, 2019). Kahjuks kaasnesid sellega külvikorra reeglite eiramised, nende kultuuride kasvatamise intervall lühenes 1–2 aastale, paljudel juhtudel toimus monokultuuris kasvatamine. See kõik tingis olukorra, kus tekkisid tõsised probleemid ristõieliste kahjuritega, peamiselt hiilamardika, maakirpude ja peitkärsakatega (Metspalu *et al.*, 2015) ja haigustega, eriti valgemädaniku ja nuutriga (Ilumäe *et al.*, 2009; Järvan, 2016). Need kõik vähendada oluliselt saaki ja selle kvaliteeti. Erinevaid haigusi ja kahjureid püütakse hoida resistentsusprobleemide tõttu kontrolli all üha suurenevate taimekaitsevahendite koguste kasutamisega, mistõttu sisendid rapsi ja rüpsi kasvatusse ja keskkonna saastumisse järjest suurenevad. Veelgi enam, enamus ristõieliste haiguste patogeeneid säilivad mullas aastaid. Külvikorra eiramise tõttu kuhjuvad nad mulda ja neid on äärmiselt raske tõrjuda, tihti keemilised preparaadid lihtsalt enam ei toimi (Brandes, Heimbach, 2018).

Ristõieliste patogeene *Hyaloperonospora brassicae* on munaseen, kes elab ja areneb üsna laias niiskuse ja temperatuuri vahemikus, kuid kahjustus on tugevam märgades oludes ja 15 °C temperatuuri juures (Saharam *et al.*, 2018). Kuigi üldiselt



peetakse ebajahukastet väheoluliseks õlikultuuride haiguseks nii Austraalias (Van de Wouw *et al.*, 2016), Suurbritannias (Hardwick *et al.*, 1991), Lätis kui Leedus (Bankina *et al.*, 2012; Petraitene, 2006), siis Lääne-Austraalias teatati hiljuti selle haiguse ulatuslikust epideemiast rapsil (Mohammed *et al.*, 2017).

Seoses muutuva kliimaga on paraku nii, et haigustekitajaid tuleb juurde (Sepp *et al.*, 2018) ja nii on ka ristõieliste kultuuridega. Kui kapsanuuter ja valgemädanik on senini hinnatud kõige raskemateks ristõieliste haigusteks, siis on viimasel ajal hakanud levima ka ebajahukaste. Samas on Eestis praegu selline olukord, kus me teame vähe nii sellest haigustekitajast endast kui ka tema potentsiaalsetest kahjustustest nii rapsil kui ka teistel ristõielistel kultuuridel. Mitmekesisised ebajahukaste patogeeni patotüübid on leitud Suurbritannias ja Portugalis spargelkapsal ehk brokkolil (Coelho *et al.*, 2012). Üheks hoiatavaks näiteks on kartuli-lehemädaniku tekitaja (*Phytophthora infestans*) suurest geneetilisest mitmekesisusest tulenev patogeeni laienenud kohastumus ning sellega kaasnevad tõrje raskused Põhja-Euroopas (Kiiker *et al.*, 2019).

Kuni käesoleva uurimustööni puudusid Eestis teadmised ebajahukaste esinemise ja kahjustusmäära kohta rapsil ja teiste ristõielistel kultuuridel. Seega seadsime selle töö peamiseks eesmärgiks hinnata ebajahukaste arengut ja kahjustusmäära suvirapsil (*Brassica napus*) kui põhikultuuril ja viiel alternatiivsel õlikultuuril – sarepta kapsasrohul (*B. juncea*), valgel sinepil (*Sinapis alba*), mustal kapsasrohul (*B. nigra*), rukolal (*Eruca sativa* subsp. *sativa*) ja õlirõikal (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*).

## Materjal ja meetodika

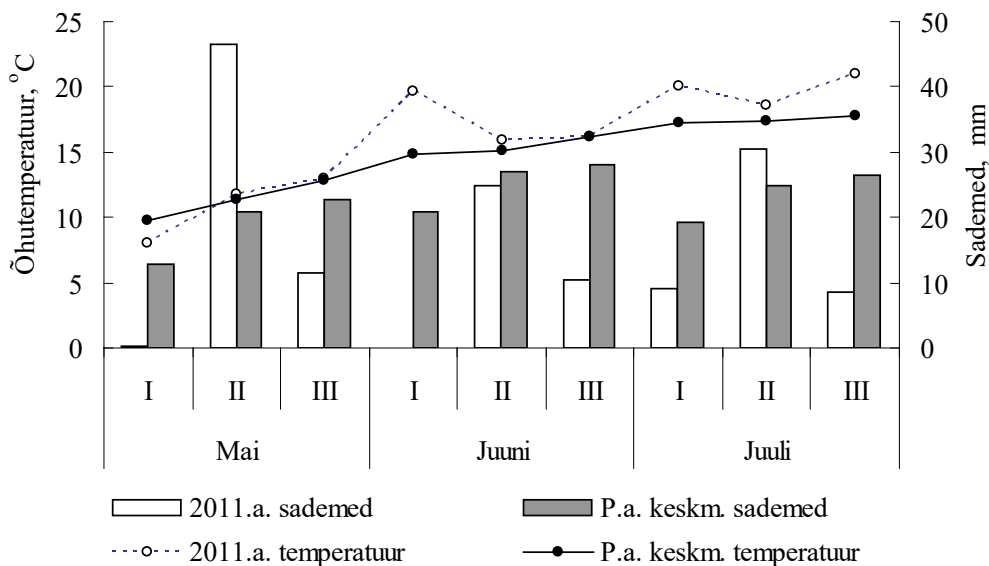
Ristõieliste ebajahukaste (*H. brassicae*) esinemist hinnati kuuel ristõielisel kultuuril 2011. aastal Eerikal, Eesti Maaülikooli Taimetervise õppetooli põldkatses. Katses olid: suviraps 'Maskot', sarepta kapsasrohi 'Jadrjonaja', must kapsasrohi, rukola ehk põld-võõrkapsas 'Poker', õlirõigas 'Bille' ja valge sinep 'Branco'. Katse korraldati kolmes korduses, katselapi suurus oli 5 m<sup>2</sup>, katselappe ümbritses 1 m laiune taimestikuta kaitseriba. Seemned külvati 9. mail 2011, tihedusega 250 idanevat tera ruutmeetri kohta. Väetisi ja taimekaitsevahendeid ei kasutatud. Katseala mullastik oli näivleetunud Stagnic Luvisol WRB 2002 klassifikatsiooni järgi (Deckers *et al.*, 2002), mullalõimis kerge liivsavi ja kündmisega läbisegatud pindmise huumuskihi paksus 27–30 cm (Reintam, Köster, 2006).

Ristõieliste ebajahukaste esinemist hinnati loodusliku nakkuse tingimustes alates 1. juulist, kui taimedele ilmusid esimesed haiguse sümptoomid ning vaatlused toimusid üks kord nädalas nelja nädala jooksul. Ebajahukaste hindamisel kasutati 0–100% hindamisskaalat (EPPO Bulletin, 2003). Kogutud andmete statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13 (Quest Software Inc), kasutades dispersioonanalüüsi. Liikide ja seireaegade võrdluseks kasutati Tukey HSD post-hoc testi ( $p = 0,05$ ).

## Tulemused ja arutelu

Selles õlikultuuride katses hinnati ebajahukaste arengut suvirapsil kui põhikultuuril ja tulemusi võrreldi viie alternatiivse ristöielise õlikultuuriga.

Tulemustest järeldub, et 2011. aasta kasvuaasta sobis igati ebajahukaste võimaliku kahjustuse ulatuse hindamiseks, sest see aasta oli ilmastiku poolest haigustekitajale arenguks soodne (joonis 1).



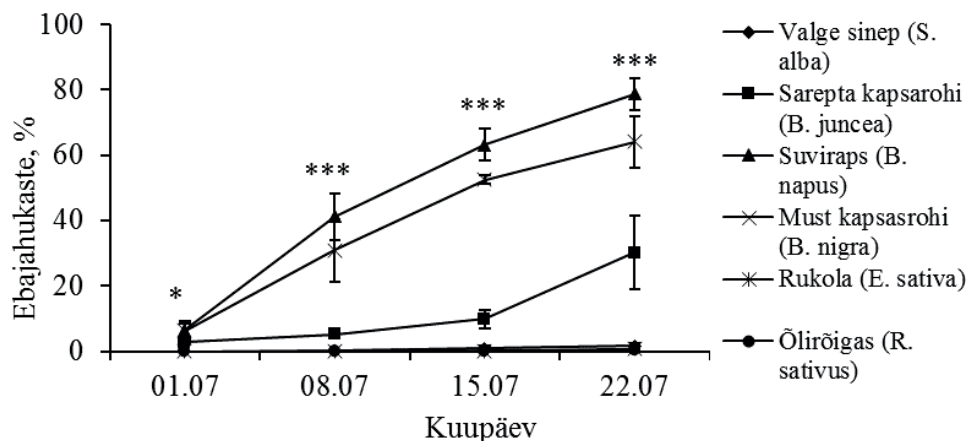
**Joonis 1.** Keskmine õhutemperatuur (°C) ja sademete hulk (mm) dekaadide lõikes Eerikal vegetatsiooniperioodi vältel võrrelduna paljude aastate (1969–2011) keskmistega.

Katses ilmnesisid esimesed ebajahukaste sümptoomid 1. juulil. Nakatunud olid suvirapsi, musta kapsasrohu ja sarepta kapsasrohu lehed (joonis 2). Valgel sinepil leiti esimesed haigustunnused kaks nädalat hiljem – 15. juulil (joonis 2), ka edasine haiguse areng jäi sellel taimeliigil väga tagasihoidlikuks. Vaatlusperioodi lõpuks (22. juuli) jäi valge sinepi lehestiku kahjustus vaid 1,6% ( $\pm$ SE 0,9%) tasemele. Alates 8. juulist arenes ebajahukaste suvirapsil ja mustal kapsasrohel oluliselt kiiremini kui teistel katses olnud liikidel ( $F_{(5,12)} = 13,74$ ;  $p < 0,001$ ). Sarepta kapsasrohel progresserus ebajahukaste areng alates 15. juulist ja kulmineerus 22. juuliks, kus 30% lehestikust oli nakatunud ( $\pm$ SE 11,2%).

Kogu vaatlusperioodi jooksul arenes ebajahukaste kõige intensiivsemalt rapsil ja mustal kapsasrohel (joonis 2). Haigusvaatluste lõpuks oli rapsi taimede lehestikust (kasvufaas BBCH 72–74) nakatunud 80% ( $\pm$ SE 4,8%) ja musta kapsasrohu lehestikust (kasvufaas BBCH 75–77) 64% ( $\pm$ SE 7,8%) (joonis 2), mis on oluliselt rohkem kui teistel katses olnud kultuuridel ( $F_{(5,12)} = 34,61$ ;  $p < 0,001$ ).

Katsest selgus, et ebajahukaste kahjustas oluliselt rapsi ja musta kapsasrohu lehestikku. Ehkki sademeid oli juuni lõpus ja juuli I ja III dekaadil vähem ning õhutemperatuur juuli I ja III dekaadil kõrgem võrreldes paljude aastate keskmisega, olid sellised

tingimused patogeeni arenguks siiski soodsad. Patogeeni lülieosed idanevad küll üsna laias temperatuuri intervallis (5°C kuni 30°C), kuid optimaalne vahemik on 15–25°C (Achar, 1998). Ka piisab idanemiseks tilkvee olemasolust ja ebajahukaste kiire areng toimub temperatuuridel 20–24°C (Larka, 2001). Haiguse soodsa arengu tingimustele olid küllalt lähedased nii 2011. aasta keskmised õhutemperatuurid kui niiskus.



**Joonis 2.** Ebajahukaste (*H. brassicae*) areng kuuel ristõielisel õlikultuuril 2011. aastal. \* Tähistavad statistilist olulist erinevust kahe hindamise vahel  $*p < 0,05$ ;  $**p < 0,01$ ;  $***p < 0,001$  (Tukey HSD test). Vertikaaljooned joonisel näitavad standarddviaga.

## Kokkuvõte

Katse tulemustest järeldub, et ristõieliste ebajahukaste kahjustab Eestis mitmeid ristõielisi kultuure küllalt oluliselt. Seega ei saa väita, et selle haiguse puhul on tegemist ristõieliste kultuuride sekundaarse ehk ebaolulise kahjustajaga.

Patogeenile soodsates oludes olid oluliselt rohkem kahjustunud suvirapsi ja musta kapsarohu lehestik. Eriti oluline on see teave suvirapsi, kui meie ühe peamise õlikultuuri puhul. Mõõdukalt oli kahjustunud sarepta kapsarohu lehestik. Valge sinepi, rukola ja õlirõika lehestike haigestumus oli äärmisel madal (0,6–1,6 %).

Oluline on edaspidi leida ebajahukaste suhtes resistentsemaid rapsisorte ning sellega arvestada ka kohalikes sordiareetuse programmides.

## Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus EcolChange “Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes”), IUT36–2 ja Eesti Maaülikooli projektid P180273PKTT ja P190259PKTT.

## Kasutatud kirjandus

Achar, P.N. 1998. Effects of temperature on germination of *Peronospora parasitica* conidia and infection of *Brassica oleracea*. – *Journal of Phytopathology* **146** (2–3), 137–141.

- Bankina, B., Gaile, Z., Balodis, O., Paura, L., Kokina, I. 2012. Possibilities for integrated control of winter oilseed rape diseases in Latvia. – *EPPO Bulletin* **42** (3), 560–567.
- Brandes, M., Heimbach, U. 2018. Pyrethroid resistance of insect pests of oilseed rape in Germany. Integrated Control in Oilseed Crops, IOBC-WPRS Bulletin, 136, pp. 69–72.
- Coelho, P.S., Vicente, J.G., Monteiro, A.A., Holub, E.B. 2012. Pathotype diversity of *Hyaloperonospora brassicae* collected from *Brassica oleracea*. – *European Journal of Plant Pathology* **134** (4), 763–771.
- Deckers, J.A., Friessen, P., Nachtergaele, F.O.F., Spaargaren, O. 2002. World reference base for soil resources in a nutshell. In Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (eds.): Soil Classification 2001. – *European Soil Bureau Research Report* No. 7, EUR 20398 EN: pp. 173–181.
- EPPO Bulletin. 2003. Efficacy evaluation of fungicides: Root, stem, foliar and pod diseases of rape. – *EPPO Bulletin* **33**, 25–32.
- Hardwick, N.V., Fitt, B.D.L., Wale, S.J. Sweet, J.B. 1991. Oilseed rape diseases. Oilseeds Research review No. OS4, Home-Grown Cereals Authority. London.
- ESA: Eesti Statistikaamet 2019. www.stat.ee (22.11.2019).
- Illumäe, E., Kastanje, V., Hansson, A. 2009. Valgemädaniku (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) DeBary) mõju suvirapsi (*Brassica napus*) saagikusele I-Taimekaitse katsetes 2007–2008. – *Agronomia* 2009, lk. 198–203.
- Järvan M. 2016. Kas nuutrihaigus võib rapsikasvatust ohustada? – *Põllumajanduslikud infopäevad 2016, Oilseeds*, lk. 4–5.
- Kiiker, R., Skrabule, I., Ronis, A., Cooke, D.E.L., Hansen, J.G., Williams, I.H., Mänd, M., Runno-Paurson, E. 2019. Diversity of populations of *Phytophthora infestans* in relation to patterns of potato crop management in Latvia and Lithuania. – *Plant Pathology* **68** (6), 1207–1214.
- Larka, B.S. 2001. Epiphytology and losses of downy mildew (*Peronospora parasitica*) of radish (*Raphanus sativus*) seed crop. – *Indian Journal of Agricultural Sciences* **71** (5), 321–324.
- Metspalu, L., Veromann, E., Kaasik, R., Kovacs, G., Williams, I.H., Mänd, M. 2015. Comparison of sampling methods for estimating the abundance of *Meligethes aeneus* on oilseed crops. – *International Journal of Pest Management* **61** (4), 312–319.
- Mohammed, A.E., You, M.P., Barbetti, M.J. 2017. New resistances offer opportunity for effective management of the downy mildew (*Hyaloperonospora parasitica*) threat to canola. – *Crop and Pasture Science* **68** (3), 234–242.
- Petraitiene, E. 2006. Major fungal diseases of oilseed rape (*Brassica napus*) in Lithuania. – *International Consultative Group for Research on Rapeseed* **23**, 1–6.
- Reintam, E., Köster, T. 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. – *Geoderma* **136** (1), 199–209.
- Saharam, G.S., Mehta, N., Meena, P.D. 2018. Downy mildew disease of crucifers: biology, ecology and disease management. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017, 357 p.
- Sepp, M., Tamm, T., Sagris, V. 2018. The future climate regions in Estonia. – *Estonian Journal of Earth Sciences* **67** (4), 259–268.
- Van de Wouw, A.P., Idnurm, A., Davidson, J.A., Sprague, S.J., Khangura, R. K., Ware, A.H., Lindbeck, K.D., Marcroft, S.J. 2016. Fungal diseases of canola in Australia: identification of trends, threats and potential therapies. – *Australasian Plant Pathology* **45** (4), 415–423.

## Seni vähem tähelepanu pälvinud ohutegurid meemesilastele

Risto Raimets, Marika Mänd, Reet Karise

Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetool

**Abstract.** Raimets, R., Mänd, M., Karise, R. 2020. Threats to honey bees that have gained less attention so far. – Agronomy 2020

Honey bee decline is still a global issue. Honey bees and other pollinators have gained lot of scientific attention in last 15 years, but still pollinator decline is a worrisome problem. Surveyed beekeepers from U.S. reported ~40 % annual colony losses in 2018/2019 (Beeinformed 2019), which is four times higher loss rate than is accepted among estonian beekeepers (10%).

There is a common understanding among scientists that some certain stress factors (pesticides, parasitic varroa mite, diseases and changes in bee environment etc.) and their combinations are affecting bees. Nevertheless, there are also numerous stress factors that have gained less scientific attention.

The globalization and intensive trade of goods favors the distribution of different diseases and parasites, which can be detrimental to honey bee colonies. Small hive beetle (*Aethina tumida*) (SHB) is a serious pest, who can cause severe damage to honey bee colonies (Evans et al. 2000). SHB is an endemic species in sub-Saharan Africa but due to intensive carriage of goods the SHB has expanded its territory already to southern Europe (Italy) and other continents (Mutinelli et al. 2014). SHB distribution to Estonia and Northern countries is also a serious issue due to SHB adaptability to different climatic conditions.

Besides the SHB, there are other pests and predators, who can cause substantial damage to honey bee colonies. The yellow-legged Asian hornet *Vespa velutina*, who feeds on forager bees is another potential threat to European honey bees (Requier et al. 2018). Since first detection in France (2007) (Franklin et al. 2016), the Asian hornet has expanded its territory rapidly and thus it might be potential threat to apiculture among all european countries in near future.

The aim of the current article is to give an overview of the honey bee pests and predators, which have gained less attention so far.

**Keywords:** Invasive species, Small hive beetle, Asian hornet

### Sissejuhatus

Tolmeldajate sh meemesilaste (*Apis mellifera* L.) kõrge suremus on endiselt probleemiks. Antud küsimusega on aktiivselt tegeletud juba pea 15 aastat, kuid siiski ühest konkreetset vastust mesilaste hukkumise põhjusele pole leitud. Teadlased on pakunud, et erinevad haigused, parasiidid ja ka pestitsiidid ja nende eelmainitud faktorite koosmõjud mõjuvad mesilastele letaalselt. Just seetõttu on avaldatud hulgaliselt teadusartikleid, mis uurivad just eelmainitud faktorite (koos) mõjusid mesilastele (Gregorc and Smodis Skerl, 2007; Raimets et al., 2018; Vidau et al., 2011).

Lisaks haigustele, parasiitidele ja pestitsiididele ohustavad meemesilasi veel teisedki seni vähem tähelepanu pälvinud stressifaktorid. Väike tarumardikas (*Aethina tumida* M.) on kahjur, kes toitub mesilashaudmest, meest ja suirast (Neumann and Elzen, 2004). Hea kohanemisvõimega väikest tarumardikat võib leida juba erine-

vatel kontinentidel sh ka Lõuna–Euroopas (Mutinelli et al., 2014; Pettis and Shimanuki, 2000), mis omakorda seab ohtu kogu Euroopa mesindussektori. Sarnaselt väikesele tarumardikale võib teise mesilastele ohtliku invasiivse võõrliigina Euroopas kohata ka Aasiast pärit vapsikut *Vespa velutina*, kellest on samuti kujunemas tõsine oht Euroopa mesindussektorile. Lõuna–Euroopas juba laialt levinud *Vespa velutina* kasutab toiduks meemesilasi, nõrgestades sellega oluliselt mesilaspere või koguni viib selle hukkumiseni (Monceau et al., 2014).

Käesoleva artikli eesmärgiks on anda ülevaade väikese tarumardika ja Aasiast pärit vapsiku bioloogiast, nende levimise viisidest ja tõrjumise meetodikast.

## Bioloogia

Hiilamardiklaste sugukonda (Coleoptera: Nitidulidae) kuuluv **väike tarumardikas** on parasiit, kes toitub mesilasperes meest, suirast ja mesilashaudmest (Neumann and Elzen, 2004). Täiskasvanud väike tarumardikas on 5,7 mm pikk ja 3,2 mm lai ning tundlate otsas on väikesed pallikesed (Joonis 1). Suguküpsuse saavutab ta tavaliselt nädal pärast mullast koorumist (Ellis, 2004). Tarumardikas muneb oma munad mesilaste haudmeväljale, suirakannudesse või mõnda varjulisse kohta mesitarus (Spiewok et al., 2007). Munadest arenenud vastsed toituvad meest, suirast ja mesilashaudmest ning pärast toitumist kaevuvad nad reeglina ööpimeduses tarude lähedusse mulda nukkuma, mille kestvuseks on keskmiselt 13,3 päeva (Guzman and Frake, 2007). Väikese tarumardika kahjustust iseloomustav näritud kärjekannudest taru põhjale tilkunud mesi, mis on segunenud parasiitide endi eritatud jäätmetega, mille tulemusena läheb mesi käärima ning on mesilastele ja mesinikule kasutuskõlbmatu (Hood, 2000).

Aasiast pärit **vapsik** *Vespa velutina* kuulub vapsikute perekonda, ning oma suuruselt on ta pisut pisem kui Euroopa vapsik. *Vespa velutina* iseloomulikuks tunnuseks on tema kollased jalad (Joonis 2). Aasia vapsiku pesad asuvad kõrgete puude otsas või teistes raskesti märgatavas ja ligipääsetavates kohtades (Franklin et al., 2017). Pesas võib tippajal olla sadu isendeid, teinekord võivad need numbrid ka tuhandeni küündida. Vaatamata suurele tööliste arvule pesas talvitub emavapsik siiski üksinda (Monceau et al., 2014). Aasia vapsik on kiskja, kes kasutab toiduks ka meemesilasi (Franklin et al., 2017). Aasia kohalikud meemesilased on kohastunud *Vespa velutina* rünnetega, mistõttu ei põhjusta see kiskja mesilasperedele märkimisväärsed kadusid. Euroopa meemesilane (*Apis mellifera*) seevastu on antud kiskja suhtes haavatav ning pidevate rünnete tagajärjel kahaneb mesilaspere isendite arv oluliselt, mis võib lõpuks viia ka mesilaspere hääbumiseni (Sauvard et al., 2018).

## Levik ja levimise viisid

**Väike tarumardikas** pärineb algselt Lõuna-Aafrikast, kuid tänaseks on ta levinud juba erinevatel kontinentidel (Joonis 1). Veel 1998. aastal oli ta levinud vaid Aafrika mandri lõunaosas, kuid juba 2003. aastaks oli ta levinud edasi mandri keskosas (Ellis, 2005). Ameerika Ühendriikidest leiti väike tarumardikas esmakordselt 1998. aastal Florida osariigist sadamalinna St Lucie lähedusest. Samal aastal leiti esmakordselt



antud parasiiti ka Georgia ja Lõuna-Carolina osariikidest (Hood, 2000). Aasta hiljem (1999 a.) oli väike tarumardikas levinud juba 12 osariiki, ning tänaseks päevaks on ta levinud juba üle Ameerika Ühendriikide (Hood, 2000). Tarumardikat võib tänapäeval leida ka üle kogu Austraalia (Spiewok et al., 2007). Euroopas avastati väike tarumardikas esmakordselt 2004. aastal Portugalis, kus sealne populatsioon suudeti nakatunud mesilasperede hävitamisega kiiresti ka hävitada (Ward et al., 2007). Tarumardikas avastati Euroopa pinnalt uuesti Lõuna-Itaaliast Calabria piirkonnast 2014. aastal (Mutinelli et al., 2014). Ka täna sel päeval võib väikest tarumardikat leida Lõuna-Itaalia mesilastest (Mutinelli et al., 2014).

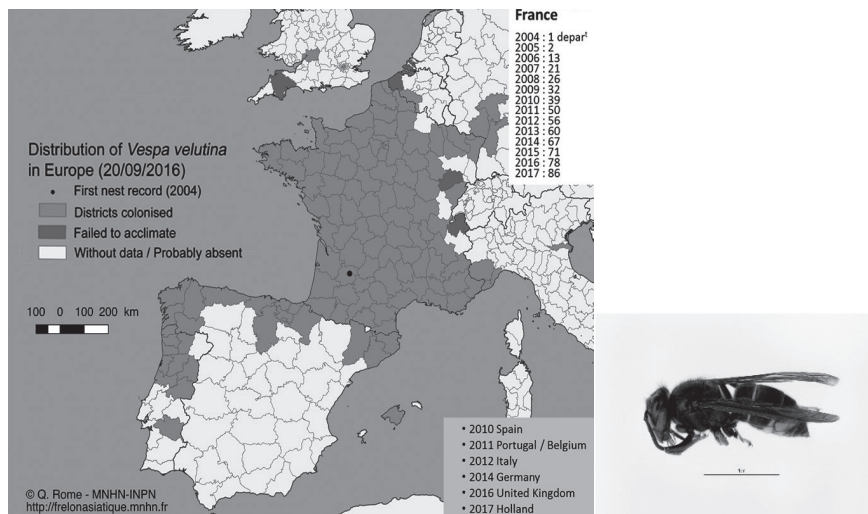
Väike tarumardikas võib lennates läbida 5–10 kilomeetriseid vahemaid, mistõttu on tema levik ühest mesilast teise väga kiire (Somerville, 2003). Ühest mesilast teise lendab väike tarumardikas lõhnataju abil, sest mesitarust eralduvad lõhnad peibutavad teda (Torto et al., 2005). Lisaks meemesilastele ja mesindussaadustele võib väike tarumardikas levida ka erinevate puuviljade transpordi teel. Uuringu tulemused on näidanud, et väike tarumardikas kasutas parema puudusel toitumiseks ka banaane, greipe, mangosid ja maasikaid (Buchholz et al., 2008). Väike tarumardikas suudab vee ja toiduta elada 5–9 päeva, mistõttu võib ta kaupade transportimisel läbida suuri vahemaid (Pettis and Shimanuki, 2000). Intensiivne globaalne kaubavahetus võib seega soodustada väikese tarumardika levikut, mis on potentsiaalseks ohuks mesilasperedele üle maailma.



**Joonis 1.** Väikese tarumardika levik november 2015 (Ellis, 2005; Neumann et al., 2016)

**Aasia vapsik *Vespa velutina*** introductseeriti kogemata Edela-Prantsusmaale, kus ta muljetavaldava kiirusega suutis luua elujõulise populatsiooni (Monceau et al., 2014), ning tänaseks päevaks on ta levinud üle kogu Prantsusmaa ja sealt edasi naaberriikidesse (Joonis 2). Aasia vapsiku töölised võivad läbida lennates ka 10–30 kilomeetriseid vahemaid, kuid siiski mediaan korjeraadius on 700 meetrit (Sauvard et al., 2018). Kuna *Vespa velutina* pärineb aasiast, siis hakati otsima vastust ka küsimusele kuidas ta euroopa pinnale jõudis. Uurimise tulemusena selgus, et ilmselt sattusid Aasia vapsikud Prantsusmaale bonsai taimepottide importimise teel. Väga intensiivne globaalne kaubavedu soodustab vapsikute levikut, kuna nad peidavad

end erinevate kaupade/toodete sisse ja on seetõttu võimelised läbima suuri vahemaid (Arca et al., 2015).



**Joonis 2.** *Vespa velutina* levik Euroopas 2017. aasta seisuga (Budge et al., 2017; Turchi and Derijard, 2018)

## Tõrjemeetodid

**Väikese tarumardika** tõrjemeetodeid on mitmeid. Mulda nukkuma suunduvad tarumardika vastsed on haavatavad ning Cabanillas and Elzen (2006) on oma töös väitnud, et entomopatogeensed nematoodid võivad osutada efektiivseks vahendiks väikese tarumardika vastsete tõrjel. Lisaks entomopatogeenidele on kasutatud ka mitmeid erinevaid sünteetilisi vahendeid nagu näiteks fiproniili, kumafossi, fluvalinaati ja perimetriini (Baxter et al., 1999; Elzen et al., 1999; Sanford et al., 1999; Levot, 2007). Loomulikult on parim väikese tarumardika tõrjemeetod tema leviku ennetamine ja nakkuse avastamisel kohene mesila hävitamine.

*Vespa velutina* tõrjemeetodeid on praktiseeritud mitmeid erinevaid. Üheks kõlaltki efektiivseks meetodiks on nende pesade hävitamine mehaaniliselt või väävel-dioksiidi aurudega (Spradbery, 1973). Teise võimaliku tõrjemeetodina kasutatakse indiviidide püüdmist lõksude abil, kus peibutussöötadele lisatakse insektitsiide (Monceau et al., 2012). *Vespa velutina* emasisendite püüdmist lõksude abil praktiseeritakse üsna palju Prantsusmaal, sest noorte vapsiku emade püüdmisega suudetakse oluliselt vähendada järgmise aasta populatdiooni (Monceau et al., 2014). Lisaks püütakse hävitada võimalikult suur hulk isas-vapsikuid, mille tulemusena peaks tekkima hulk viljastamata emas-isendeid, mis omakorda vähendab vapsikute populatsiooni elujõulisust (Fauvergue et al., 2007).



## Järeldused

Intensiivne kaubavahetus peidab endas mesilastele ja mesindussektorile uusi potent-siaalseid ohte. Väike tarumardikas ja Aasia vapsik on kaks invasiivset liiki, kes on Euroopas kanda kinnitanud ja oma areaali laiendamas. Oma tegevusega võivad need kaks seni vähem tähelepanu pälvinud karhjurit põhjustada mesilasperede olulist nõr-genemist või suisa hukkumist. Vaatamata hulgale tõrjemeetoditele on siiski parim kahjurite tõrjeviis piisav ennetustöö.

## Kasutatud kirjandus

- Baxter, J.R., Elzen, P.J., Westervelt, D., Causey, B., Randall, C. et al. 1999. Control of the small hive beetle *Aethina tumida* in package bees. *American Bee Journal* 139: 792–793.
- Arca, M., Mougel, F., Guillemaud, T., Dupas, S., Rome, Q., Perrard, A., Muller, F., Fossoud, A., Capdevielle-Dulac, C., Torres-Leguizamon, M., Chen, X.X., Tan, J.L., Jung, C., Villemant, C., Arnold, G., Silvain, J.-F. 2015. Reconstructing the invasion and the demographic history of the yellow-legged hornet, *Vespa velutina*, in Europe. *Biological Invasions* 17, 2357–2371.
- Buchholz, S., Schäfer, M.O., Spiewok, S., Pettis, J.S., Duncan, M., Ritter, W., Spooner-Hart, R., Neumann, P. 2008. Alternative food sources of *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae). *Journal of Apicultural Research* 47, 202–209.
- Budge, G.E., Hodgetts, J., Jones, E.P., Ostojá-Starzewski, J.C., Hall, J., Tomkies, V., Semmence, N., Brown, M., Wakefield, M., Stainton, K. 2017. The invasion, provenance and diversity of *Vespa velutina* Lepeletier (Hymenoptera: Vespidae) in Great Britain. *PLOS ONE* 12, e0185172.
- Cabanillas, H.E., Elzen, P.J. 2006. Infectivity of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) against the small hive beetle *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae). *Journal of Apicultural Research* 45, 49–50.
- Ellis, J.D. 2005. Reviewing the confinement of small hive beetles (*Aethina tumida*) by western honey bees (*Apis mellifera*). *Bee World* 86, 56–62.
- Fauvergue, X., Malausa, J.-C., Giuge, L., Courchamp, F. 2007. Invading Parasitoids Suffer No Allee Effect: A Manipulative Field Experiment. *Ecology* 88, 2392–2403.
- Franklin, D.N., Brown, M.A., Datta, S., Cuthbertson, A.G.S., Budge, G.E., Keeling, M.J. 2017. Invasion dynamics of Asian hornet, *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae): a case study of a commune in south-west France. *Applied Entomology and Zoology* 52, 221–229.
- Gregorc, A., Smodis Skerl, M.I. 2007. Combating Varroa destructor in honeybee colonies using flumethrin or fluvalinate. *Acta Veterinaria BRNO* 76, 309–314.
- Guzman, L.I. de, Frake, A.M. 2007. Temperature affects *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae) Development. *Journal of Apicultural Research* 46, 88–93.
- Hood, W.M. 2000. Overview of the small hive beetle, *Aethina tumida*, in North America. *Bee World* 81, 129–137.
- Monceau, K., Bonnard, O., Thiéry, D. 2014. *Vespa velutina*: a new invasive predator of honeybees in Europe. *Journal of Pest Science* 87, 1–16.
- Monceau, K., Maher, N., Bonnard, O., Thiéry, D. 2012. Predation pressure dynamics study of the recently introduced honeybee killer *Vespa velutina*: learning from the enemy. *Apidologie* 44, 209–221.

- Mutinelli, F., Montarsi, F., Federico, G., Granato, A., Ponti, A.M., Grandinetti, G., Ferrè, N., Franco, S., Duquesne, V., Rivière, M.-P., Thiéry, R., Henriks, P., Ribière-Chabert, M., Chauzat, M.-P. 2014. Detection of *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae.) in Italy: outbreaks and early reaction measures. *Journal of Apicultural Research* 53, 569–575.
- Neumann, P., Elzen, P. 2004. The biology of the small hive beetle (*Aethina tumida*, Coleoptera: Nitidulidae): Gaps in our knowledge of an invasive species. *Apidologie* 35, 229–247.
- Pettis, J.S., Shimanuki, H. 2000. Observations on the small hive beetle, *Aethina tumida* Murray, in the United States. *American bee journal*.
- Raimets, R., Karise, R., Mand, M., Kaart, T., Ponting, S., Song, J., Cresswell, J.E. 2018. Synergistic interactions between a variety of insecticides and an ergosterol biosynthesis inhibitor fungicide in dietary exposures of bumble bees (*Bombus terrestris* L.). *Pest Management Science* 74, 541–546.
- Sauvard, D., Imbault, V., Darrouzet, É. 2018. Flight capacities of yellow-legged hornet (*Vespa velutina nigrithorax*, Hymenoptera: Vespidae) workers from an invasive population in Europe. *PLOS ONE* 13, e0198597.
- Spiewok, S., Pettis, J.S., Duncan, M., Spooner-Hart, R., Westervelt, D., Neumann, P. 2007. Small hive beetle, *Aethina tumida*, populations I: Infestation levels of honeybee colonies, apiaries and regions. *Apidologie* 38, 595–605.
- Spradbery, J.P. 1973. Wasps. An account of the biology and natural history of social and solitary wasps, with particular reference to those of the British Isles. Wasps. An account of the biology and natural history of social and solitary wasps, with particular reference to those of the British Isles.
- Torto, B., Suazo, A., Alborn, H., Tumlinson, J.H., Teal, P.E.A. 2005. Response of the small hive beetle (*Aethina tumida*) to a blend of chemicals identified from honeybee (*Apis mellifera*) volatiles. *Apidologie* 36, 523–532.
- Turchi, L., Derijard, B. 2018. Options for the biological and physical control of *Vespa velutina nigrithorax* (Hym.: Vespidae) in Europe: A review. *Journal of Applied Entomology* 142, 553–562.
- Vidau, C., Diogon, M., Aufauvre, J., Fontbonne, R., Viguès, B., Brunet, J.-L., Texier, C., Biron, D.G., Blot, N., Alaoui, H.E., Belzunces, L.P., Delbac, F. 2011. Exposure to Sublethal Doses of Fipronil and Thiacloprid Highly Increases Mortality of Honeybees Previously Infected by *Nosema ceranae*. *PLOS ONE* 6, e21550.
- Ward, L., Brown, M., Neumann, P., Wilkins, S., Pettis, J., Boonham, N. 2007. A DNA method for screening hive debris for the presence of small hive beetle (*Aethina tumida*). *Apidologie* 38, 272–280.

# Eesti teraviljadel esinevad viirushaigused

Pille Sooväli<sup>1</sup>, Merike Sõmera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eesti Taimakasvatuse Instituut

<sup>2</sup> Tallinna Tehnikaülikooli Keemia- ja Biotehnoloogia Instituut

**Abstract.** Sooväli, P., Sõmera, M. 2020. Plant viruses in cereal fields in Estonia – Agronomy 2020.

Plant viruses spreading throughout the world in cereals are gaining importance as factors affecting the yields. There is no previous studies about viral diseases in cereal fields in Estonia. We started collecting virus symptomatic plants beginning from 2012. The aim was to identify the viruses that are spreading in cereals. The leaf tissues from collected samples were tested by high-throughput sequencing of small RNAs generated by the plants as a part of defence mechanism against pathogen infection. The result revealed that plant viruses such as barley yellow dwarf viruses, brome mosaic virus, wheat dwarf virus, oat sterile dwarf virus and European wheat striate mosaic virus are spread on cereals in Estonia. In addition, we found one species of genetically uncharacterized closterovirus. Aphid-transmitted barley yellow dwarf viruses were identified in wheat, barley, oat and rye samples during 2012–2015. Uncharacterized closterovirus species was found in 2014 in oat and spring wheat. Mechanically transmittable brome mosaic virus was identified in 2013 and 2014 in winter wheat. Planthopper *Javesella pellucida* transmitted oat sterile dwarf virus and European wheat striate mosaic virus were detected in 2013–2015 in various cereals. Wheat dwarf virus transmitted by the leafhopper *Psammotettix alienus* was first identified in 2017, after the pilot virus survey. In our pilot survey held in 2012–2015, we found ten species of cereal infecting viruses, like barley yellow dwarf viruses, oat sterile dwarf virus and wheat dwarf virus. These are important virus pathogens that cause severe yield reduction in appropriate climate conditions favoring the spread and multiplication of their insect vectors. Pathogenicity and transmission mode of the new closterovirus species needs further studies. In Estonia, no previous cereal virus monitoring data was available. More studies are required to get an overview about actual diversity of cereal-infecting virus species, their distribution and impact on cereal yields in Estonia.

**Keywords:** viruses, cereals, barley yellow dwarf viruses, wheat dwarf virus, brome mosaic virus, oat sterile dwarf virus, European wheat striate mosaic virus, closterovirus, insect vectors

## Sissejuhatus

Teraviljad ja kõrrelised heintaimed on majanduslikult ühed olulisemad põllukultuurid, mille saagikust mõjutavad paljud haigustekitajad, sealhulgas viirushaigused. Taimeviirused on obligatoorsed parasiidid, see tähendab, et nad on paljunemisvõimelised ainult peremeesorganismi rakkude sees. Enamasti ei põhjusta viirused peremeestaime hukkumist ning elavad ja paljunevad peremeestaime sees teda tapmata, kasutades peremeesraku ressursse enda paljundamiseks. Viirushaigetele teraviljataimedele on tüüpilisteks tunnusteks kasvu pidurdus, klorofüllü sünteessihäiretest tingitud muutused lehtede värvuses – triibud, mosaiikmuster, lehede kolletumine või punakaks värvumine, ning viljapeade arenguhäired. Nakatunud taimedes toimub viirusmaterjali intensiivne paljundamine ning pakkimine keskkonnamuutustele vastupidavatesse viiruspartiklitesse, mis taimedest toituvate vektororganismide

ehk siirutajate (putukate, mullaorganismide) või mehhaaniliste vigastuste (närimise, muljumise) vahendusel võivad uutesse peremeestaimedesse üle kanduda.

Nagu kõikjal maailmas, on ka Eestis teraviljakultuuridel levivad viirushaigused omandamas üha suuremat tähendust seoses künnipõhise viljelusviisi osatähtsuse vähenemisega. On teada, et mullaharimine mõjutab viiruste siirutajatest taimekahjustajate elutsükli, arvukust ja levikut. Minimeeritud ja pindmise harimise mõju taimehaiguste ja taimekahjurite vähendamisele on kündmisega võrreldes oluliselt väiksem kuna nakatunud taimeosad ja kahjustajad jäävad mulla ülemisse kihti või mulla pinnale. Teraviljaviiruste keemiline tõrje on võimalik taimemahlast toitumise teel viirust levitavate lehetäide ja tirtide tõrjumisega esimeste haiguskollete ilmnmisel teravilja varajastes kasvufaasides. Töö eesmärk oli määrata taimekahjustajate monitooringu käigus kogutud viirustunnustega teravilja taimedel esinevad viirushaigused.

## Materjal ja meetodika

Taimekahjustajate monitooringu käigus koguti nisu, odra, kaera ja rukki põldudelt viirusnakkusele iseloomulike tunnustega taimi teravilja kasvuhooaegadel 2012–2015 ja 2017.a. Kogutud taimedelt eraldati viirusetunnustega lehed ja hoiti kuni analüüsimiseni temperatuuril -80 °C. Külmutatud taimsest materjalist ekstraheeriti nukleiinhapped. RNA puhastamise kvaliteeti kontrolliti Nanodrop 2000 spektrofotomeetri (ThermoScientific) abil ja RNA terviklikkust geelelektroforeesiga. Kõiki proove kontrolliti viiruste sisalduse suhtes uue põlvkonna süvasekveneerimismeetodil. Süvasekveneerimiseks valmistati iga uuritud põllu proovide kohta üks kuni kolm väikestel RNA-del (sRNA) põhinevat indekseeritud raamatukogu kasutades TruSeq sRNA (Illumina) sünteesikomplekti. Sünteesitud sRNA raamatukogud sekveneeriti Tartu Ülikooli Eesti Geenivaramu sekveneerimise ja genotüpiseerimise tuumiklaboris Illumina HiSeq 2500 sekvenaatoril. Proovide bioinformaatiline analüüs hõlmas indekseeritud raamatukogude sorteerimist, järjestuste kvaliteedikontrolli ja indeksitest puhastamist, järjestuste assambleerimisest pikemateks järjestuskontingideks ning nende võrdlust GenBank mitte-redundantse andmekoguga BLASTn ja BLASTx-meetodil (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) tuvastamaks võimalikke viirustele iseloomulikke järjestusi. Tuvastatud viiruste genoomide täpsem kaardistamine toimus Genious Prime 2019.0.4 (Biomatters Ltd.) tarkvara abil. Leiud kinnitati viirusjärjestuste spetsiifilisi primereid kasutades RT-PCR (pöördtranskriptsiooni polümeraasi ahelreaktsiooni) abil.

## Tulemused ja arutelu

**Odra kollased käabusviirused (BYDV/CYDV)** (*barley yellow dwarf virus, cereal yellow dwarf virus*) esinesid 2012–2015.a. kogutud suvi- ja taliteravilja proovides (tabel 1). Tegemist on kompleksi fülogeneetiliselt suguluses olevate viirustega, mis kuuluvad luteoviiruste sugukonda, luteo- ja poleroviiruste perekondadesse. Eestist leiti käesoleva pilootuuringu raames viis BYDV/CYDV liiki. FAO andmetel põh-

justavad just BYDV/CYDV infektsioonid suurimaid nisusaakide kahjustusi (Henry, Plumb, 2002).

**Tabel 1.** Teraviljade taimeproovides tuvastatud odra kollased käabusviirused 2012–2015.a.

Aasta	Kultuur	Asukoht	Viljelusviis
2012	Suvinisu	Saunja, Harjumaa	otsekülv
2013	Suvinisu	Avinurme, Ida-Virumaa	künd
	Kaer	Avinurme, Ida-Virumaa	künd
	Kaer	Avinurme, Ida-Virumaa	künd
	Kaer	Õru, Valgamaa	künd
	Taliniisu	Põlva vald, Põlvamaa	künd
2014	Oder	Olustvere, Viljandimaa	miniharimine
	Kaer	Rannu, Tartumaa	künd
	Suvinisu	ETKI, Jõgevamaa	künd
	Taliniisu	ETKI, Jõgevamaa	künd
	Taliniisu	Rannu, Tartumaa	künd
	Kaer	Rannu, Tartumaa	künd
	Taliniisu	Olustvere, Viljandimaa	miniharimine
	Talioder	Väimela, Võrumaa	künd
2015	Suvinisu	Puide, Valgamaa	künd
	Suvinisu	ETKI, Jõgevamaa	künd
	Kaer	Kumna, Harjumaa	miniharimine
	Taliniisu	Liistaku, Võrumaa	miniharimine
	Taliniisu	ETKI, Jõgevamaa	künd
	Taliniisu	Matapera, Viljandimaa	künd
	Rukis	Imavere, Järvamaa	miniharimine

Tüüpiliseks haigustunnuseks on lehtede intensiivne kolletumine või punaseks värvumine. Taimed arenevad ebaühtlaselt, jäävad kasvus kängu. Sageli on taimed tugevate, püstiste lehtedega, puhmastunud, viljapead jäävad moodustumata või neis arenevad kõlujad terad. Haigete taimede viljapead saastuvad sageli sekundaarsete patogeensete hallitusseentega. Nakatumisallikaks võivad olla nii sügisel põllule jäänud nakatunud teravili kui ka rohumaadel ja põllupeenardel kasvavad viirusega nakatunud mitmeaastased heintaimed. Näiteks Kesk-Euroopa pindmise harimisviisi kasvutingimustes võib vara külvatud talioder lehetäide vahendusel olla sügiseks juba nakatunud BYDV-sse (Prigge et al., 2004). Hilisem nakatumine kevadel ja varasuvel ei põhjusta enam taimede kasvu kängumist, vaid ilmneb nakatunud lehtede kollaseks või punaseks värvumises. Odra ja nisu puhul võib saagilangus ulatuda kuni 30%-ni. Viirust edasikandvad lehetäid toituvad viirushaigetest taimedest, et siis sügisel

või kevadel noori taimi rünnata. Seega sõltub nakatumise ulatus putukate populatsioonist ja viirusallikate olemasolust. Odra kollaste käabusviiruste vektoritena on teada ca 25 lehetäi liiki. Peamised BYDV levitajad on lehetäid nagu toominga-lehetäi (*Rhopalosiphum padi*) ja kaera-lehetäi (*Sitobion avenae*). Toominga-lehetäi on rändav liik, mis on mitmete viirushaiguste siirutajaks. Sügisel muneb ta munad harilikku toominga koorele pungade lähedusse, kus munad ka talvituvad. Kevadel, pärast munast koorumist, kahjustavad vastsed toominga puhkevaid pungi ja noori lehti, nende vananedes rändavad kõrreliste kultuuridele. Toominga-lehetäid elavad teraviljadel suurte kolooniatena, kaera-lehetäid elavad enamasti ühekaupa. Taime-mahla imemise ajal kanduvad viirused nakatunud taimede floemist lehetäidele üle. Nakatamismoodus on püsiv, mis tähendab, et viirust kandvad lehetäid jäävad nakatumisvõimelisteks pikaks ajaks ja ka kestumiste järgselt, kuigi BYDV putukvektories ei paljune. Lehetäide seedekulglast satuvad viiruseosakesed kehaeritiste kaudu nende sõlmenäärmetesse ja sealt uutesse toidutaimedesse. Uuemad teadusuuringud näitavad, et taimeviirused, sh. BYDV, suudavad peremeestaimede poolt eritatavate lõhnamolekulide sünteesi muuta nii, et viiruskandjatest lehetäid eelistavad toituda seni nakatamata taimedel, samas kui viirust mitte kandvad lehetäid eelistavad viirusinfektsiooniga taimi (Ingwell et al., 2012). Seemnetega odra kollased käabusviirused ei levi.

**Luste mosaiikviirus (BMV)** (*brome mosaic virus*) tuvastati Eestis esmakordselt Jõgevamaalt Vitsjärvelt 2013.a. kogutud talinisu proovides ja 2014.a. määrati sama viirus Tartumaal Rannus kasvanud talinisu (tabel 2) (Sõmera et al., 2016). BMV kuulub bromoviiruste perekonda ja on laialt levinud Aafrikas, Põhja-Ameerikas ja Euroopas nakatades kõrreliste (*Poaceae*) sugukonna paljusid liike (Lane, 1974). Viirus levib kegesti nakatunud taimemahla edasikandumisega mehhaaniliste vigastuste kaudu. Samuti on mitmed putukad, lestad, nematoodid, lisaks teravilju nakatava haigustekitaja kõrrerooste (*Puccinia graminis*) eosed võimelised BMV-d levitama. Iseloomulikud haigustunnused on piklikud klorootilised laigud ja triibud, mis avalduvad kõige selgemalt noortel taimedel, vanematel taimedel võivad tunnused avalduda nõrgemini (Tošić, 1971). Noorte taimede nakatumisel kasv aeglustub, oluliselt lüheneb nisutaimede peade pikkus ja väheneb seemnete idanevus (Poscai, 1987).

**Euroopa nisu triip-mosaiikviirus (EWSMV)** (*European wheat striate mosaic virus*). Monitooringu käigus kogutud taimedes tuvastati tenuiviiruste perekonda kuuluv EWSMV 2013., 2014. ja 2015.a. suvinisu, kaera ja talinisu proovides (tabel 2) (Sõmera et al., 2020). Taimi iseloomustavad tüüpilised viirushaiguste tunnused nagu klorootilised lehed, kangus kasv ja välja arenemata pähikud. Viiruse vektoriteks on rohutirtlased perekonnast *Javesella*, neist väga levinud liik on *Javesella pellucida*, kes on väga tavaline põhjapoolkera parasvöötmes. Tirdid on paari millimeetri pikkused tugevate eestiibadega, tahapoole aheneva keha ja kolmnurkse peaga putukad. Jalad on tugevad, tagajalad pikenenud hüppejalgadeks. Mitmed tirdi liigid on looduses levinud putukad, kes toituvad nii rohumaadel kui teraviljapõldudel imedes taimemahla ja levitades seeläbi teraviljapõldudele viirushaigusi. Juba M. Raatikainen (1967) leidis, et teraviljade saagikadu seostatakse pigem tirtidega levivate taimevii-



rustega, mitte tirtide toitumisest põhjustatud teravilja kahjustusega. Meie poolt läbi viidud EWSMV ülekande testid *J. pellucida* ga näitasid, et kõik teraviljaliigid (nisu, oder, kaer, rukis, tritikale) võivad nakatuda (Sõmera et al., 2020). Muijal maailmas tuntud tenuiviirused on väga olulised teraviljade patogeenid, neid seostatakse tirtide kui viiruskandjatega, kes ise on olulised teraviljakahjurid (Gingery et al., 1981). Vegetatsioonihooajal munevad rohutirtlased maapinna lähedale toidutaimede lehtede alumistele külgedele või kudede sisse, talvitumine toimub kas muna või nümfi staadiumis. Tenuiviirustele on iseloomulik paljunemine lisaks peremeestaimedele ka oma putukvektorites kandudes vektororganismis transovaarselt üle embrüotele, püsides seetõttu tirdipopulatsioonides väga pikaajaliselt. On teada, et tenuiviirused kanduvad peremeestaimedele ainult tirtide abil ja iga tenuiviiruse liik on spetsialiseerunud kindlale tirdi liigile või perekonnale. Seemnetega EWSMV ei levi.

**Kaera pseudorosettviirus (OSDV)** (*oat sterile dwarf virus*) tuvastati 2013.a. Abja-Paluoja, Avinurme ja Põlva vallast kogutud talinisu proovides ning 2014.a. Rannust kogutud kaera proovides. OSDV kuulub fiiiviiruste perekonda ning tema siirutajateks on sarnaselt EWSMV-le *Javesella* perekonna tirdid, kuid ka *Dicranotropis hamata* (Lindsten, 1974). Nakatamismoodus on püsiv ning OSDV paljuneb ka tirtide organismides, kuid erinevalt EWSMV-st ei kandu see viirus transovaarselt embrüotele üle. Nakatunud taimedele on iseloomulik sinakasroheline värvus, kääbuskask ning rohututisarnaste puhmikute (nn. rosettide) moodustumine. Viljapead on lühikesed, tihti steriilsed või neid ei moodustu üldse. Lehtede alakülgedel võib vahel märgata kasvajalaadseid leheroodude deformatsioone. OSDV kahjustab kõige enam kaera, kuid nakatab ka nisu, otra ja rukist. OSDV põhjustatud epideemiatel Soomes ja Rootsis on täheldatud tsüklilist iseloomu, mis on ilmselt seotud tirtide arvukuse ja ringlevate viirustüvede iseloomuga (Ikäheimio, 1961; Lindsten, Lindsten, 1999). Teised fiiiviirused on tuntud kui põllumajanduslikult olulised maisi- ja riisipatogeenid (Suzuki et al., 2015). Fiiiviiruste liikide eristamise aluseks on igale liigile iseloomulik peremeeste ja vektorite ring. Seemnetega OSDV teadaolevalt ei levi.

**Closteroviirus.** Seni geneetiliselt kirjeldamata teravilja nakatav closteroviirus tuvastati 2014.a. suvinisu ja kaera proovides ETKI katsepõllul Jõgevamaal ning Tartumaalt Rannust kogutud suvinisu proovides. Seni kirjeldatud closteroviirused on tuntud kui kaheiduleheliste köögiviljataimede (peet, tomat, kartul) ja põõsaste (tsitruselised, luuviljalised, sõstrad) patogeenid. Uue closteroviiruse liigi tuvastamine meie poolt on olnud võimalik tänu geneetilisele sarnasusele nende juba geneetiliselt iseloomustatud patogeenidega. Varasematest uuringutest on teada, et closteroviiruste hulgas on vähemalt kaks geneetiliselt uurimata kõrrelisi (s.h teravilja) nakatavat viirust, – *wheat yellow leaf virus* ning *Festuca necrosis virus* – mida siirutavad lehetäid *R. padi* ja *R. maidis*. Mõlemale viirusinfektsioonile on iseloomulik diffuusne lehtede kloroos, millele järgneb üldine punetumine või kolletumine. Kirjeldatud on, et varajases kasvustaadiumis nakatunud teraviljataimed kolletuvad ja järgneb tabandunud kudede kiire hukkumine, viljapäid ei moodustu (Bar-Joseph et al., 1979). Kas meie poolt leitud viirus võiks olla üks neist kahest, selgitavad edasised viiruspartiklite morfoloogia ja vektorilekande uuringud.

**Nisu kääbusviiruse (WDV)** (*wheat dwarf virus*) tuvastasime esmakordselt, analüüsides 2017.a. talinisu taimeproove (tabel 2). Meie andmetel pole WDV-d varem Baltimaadest leitud (Sõmera et al., 2019). WDV on märgitud majanduslikult olulise patogeeni paljudes Euroopa, Aasia ja Põhja-Aafrika riikides. Eesti lähiümbruses on WDV-d leitud Rootsist (Kvarnheden et al., 2002), Soomest (Lemmetty, Huusela-Veistola, 2005) ja Ukrainast (Tóbiás et al., 2011). WDV kuulub *Geminiviridae* viiruste *Mastrevirus* perekonda ning nisu ja oder on kaks peamist peremeestaime, kuigi WDV on isoleeritud ka kaeral, rukkil, raiheinal ja tritikalel. WDV ei paljune vektorputuka organismis, kuid võib sinna jääda pikaajaliselt. Samas ei ole tõendeid, et WDV levib seemnetega või mehaaniliselt (Ramsell et al., 2008).

**Tabel 2.** Teraviljade taimeproovides tuvastatud viirushaigused 2013., 2014., 2015. ja 2017.a.

Aasta	Kultuur	Asukoht	Viljelusviis
<b>BMV</b>			
2013	Talinisu	Vitsjärve, Jõgevamaa	miniharimine
2014	Talinisu	Rannu, Tartumaa	künd
<b>Closteroviirus</b>			
2014	Suvinisu	ETKI, Jõgevamaa	künd
	Kaer	ETKI, Jõgevamaa	künd
	Suvinisu	Rannu, Tartumaa	künd
<b>OSDV</b>			
2013	Talinisu	Põlva vald, Põlvamaa	künd
	Talinisu	Avinurme, Ida-Virumaa	künd
	Talinisu	Abja-Paluoja, Viljandimaa	otsekülv
2014	Kaer	Rannu, Tartumaa	künd
<b>EWSMV</b>			
2013	Suvinisu	Meeri, Tartumaa	otsekülv
	Kaer	Õru, Valgamaa	otsekülv
	Talinisu	Avinurme, Ida-Virumaa	künd
	Talinisu	Avinurme, Ida-Virumaa	künd
	Talispelta	Avinurme, Ida-Virumaa	künd
	Suvinisu	Meeri, Tartumaa	otsekülv
	Talinisu	Abja-Paluoja, Viljandimaa	otsekülv
	Talinisu	Põlva vald, Põlvamaa	künd
	Talinisu	Põlva vald, Põlvamaa	otsekülv
	Talinisu	Õru, Valgamaa	otsekülv
2014	Talinisu	ETKI, Jõgevamaa	künd
2015	Suvinisu	Soohara, Põlvamaa	miniharimine
<b>WDV</b>			
2017	Talinisu	Meremäe, Võrumaa	miniharimine



WDV tüüpilised tunnused teraviljal on kasvu kängumine, lehtede kolletumine, viljapead ei pruugi välja areneda, sageli on ka juurestiku areng pärsitud. Arvatakse, et viirusega nakatumise risk on sügisel suurem kuna noored taimed on vastuvõtlikumad ja võimalik, et varajaste külvide korral on nakatunud taimede ja vektori poolt munetud munade arv suurem. Kasvuhoonekatsed on näidanud talinisu taimede suurt tundlikkust WDV suhtes kuni kõrre pikenemise kasvufaasini, edaspidi vähenes vastuvõtlikkus kiiresti (Lindblad, Sigvald, 2004). Haigusele epideemilisel aastal võivad saagikaod olla suured, näiteks Rootsis oli see keskmiselt 35% (Lindblad, Waern, 2002). Teadaolev viirushaiguse levitaja on teravilja põldudel toituv viiruskandja vektorina lehetirtlaste sugukonda kuuluv triibuline tirt *Psammotettix alienus*. Teravilja puudumisel võib viirus elus püsida ka looduslikel rohumaadel, kus tirdid toituvad nakatunud kõrreliste liikidel mis toimivad viiruse loodusliku reservuaarina. M. Lindbladi ja R. Sigvaldi (2004) uuringud on näidanud, et talinisu ja taliotra nakatavad peamiselt täiskasvanud isendid toitudes põldudel äsja tärganud taimedest kuni talvekülmas hukkumiseni. Ületalve elab liik munadena mullas. Kevadel ja suvel toimub viiruse sekundaarne levik munast väljunud vastsete ja neist arenenud täiskasvanud putukate abil, kes omandavad viiruse toitudes nakatunud taimedel. Sama uuring näitab, et suurimad on saagikaod varakult külvatud põldudel.

**Viirushaiguste tõrjeabinõud.** Viirushaiguseid ei ole võimalik otseselt tõrjuda, seetõttu on oluline tõrjuda viiruse levitajaid putukaid nagu lehetäid, tirdid, ripslased jm. Tähtis on üldiste põlluhügieeni nõuete järgimine: haigestunud taimede ja taimede jäänuste sissekünd või eemaldamine põllult. Kasutama peab viirusvaba paljundusmaterjali. Lehetäide ja tirtide seiret saab põllul teha nt kollase liimpüünisega. Kui lehetäide puhul on tõrjekriteeriumiks nende esinemine 20–30% produktiivvõrsetel või ühel võrsel 10–15 lehetäid, siis viirushaiguste leviku piirkonnas tuleks insektitsiidiga keemilist tõrjet teha ka siis, kui putukate arvukus teraviljal on väiksem. Eriti lehetäidel võib kergesti tekkida resistentsus insektitsiidi toimeaine suhtes, seetõttu tuleks korduval pritsimisel kasutada erineva toimeviisi ja toimeainetega tooteid. Keerulisemates ilmastikuoludes, nagu põud või liigniiskus on efektiivsemad süsteemse toimega, tavatingimustes mõjuvad ka kontaktse toimega insektitsiidid. Mehhaaniliste muljumisvigastuste või mullaorganismide vahendusel levivate viiruste puhul tuleb erilist tähelepanu pöörata põllutöömasinate puhastamisele.

## Kokkuvõte

Taimekahjustajate monitooringu käigus kogutud viirustunnustega taimeproovide analüüs võimaldas saada väga olulist informatsiooni teraviljaviiruste ja viiruskandjate kohta Eesti eri piirkondades erinevate kultuuride ja viljelusviiside korral. Viirustunnustega taimi analüüsides tuvastati meie pilootuuringus Eestis kümme teravilja nakatavat viirust, neist suurem osa (odra kollased kääbususviirused, kaera pseudoretsettviirus, nisu kääbusviirus) on tuntud oluliste teravilja patogeenidena. Kuna Eestis puuduvad regulaarsed teraviljaviiruste monitooringu andmed, oleks vaja jätkata täiendavate molekulaarsete uuringutega viiruste tuvastamisel, kindlaks teha milline on erinevate viiruste leviku ulatus, millised on iga viiruseliigi olulisemad siirutajad

ja looduslikud reservuaarliigid ning kas on sorte, mis on vähem vastuvõtlikud või resistentsed. Väga tähtis on selgitada mõju kultuuride saagikusele.

## Kasutatud kirjandus

- Bar-Joseph, M., Garnsey, S.M., Gonsalves, D. 1979. The closterviruses: a distinct group of elongated plant viruses. – *Advances in virus Research* **25** (Ed.-s: Lauffer, M., Lang, F., Maramorosch, K., Smith, K.), 93–161.
- Gingery, R.E. 1987. The rice stripe virus group. – *The Filamentous Plant Viruses*. Ed: Milne, R.G. New York: Plenum Press, 297–329.
- Henry, M., Plumb, R.T. 2002. Barley yellow dwarf luteoviruses and other virus diseases. – *FAO Plant Production and Protection Series No. 30*. [www.fao.org/docrep/006/Y4011E/y4011e0o.htm](http://www.fao.org/docrep/006/Y4011E/y4011e0o.htm)
- Ikäheimo, K. 1961. A virus disease of oats in Finland similar to oat sterile-dwarf disease. – *The Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* **33**, 81–87.
- Ingwell, L.L., Eigenbrode, S.D., Bosque-Perez, N.A. 2012. Plant viruses alter insect behaviour to enhance their spread. – *Scientific Reports* **2**, 578.
- Kvarnheden, A., Lindblad, M., Lindsten, K., Valkonen, J.P.T. 2002. Genetic diversity of Wheat dwarf virus. – *Archives of Virology* **147**, 205–216.
- Lane, L.C. 1974. The Bromoviruses. – *Advances in Virus Research* **19**, 151–220.
- Lemmetty, A., Huusela-Veistola, E. 2005. First Report of Wheat dwarf virus in Winter Wheat in Finland. – *Plant Disease* **89** (8), 912.
- Lindblad, M., Sigvald, R. 2004. Temporal spread of wheat dwarf virus and mature plant resistance in winter wheat. – *Crop Protection* **23**, 229–234.
- Lindblad, M., Waern, P. 2002. Correlation of wheat dwarf incidence to winter wheat cultivation practices. – *Agriculture, ecosystems & environment* **92**, 115–122.
- Lindsten, K. 1974. Planthopper-transmitted virus diseases of cereals in Sweden. – *Mikrobiologia* **11**, 55–66.
- Lindsten, K., Lindsten, B. 1999. Wheat dwarf — an old disease with new outbreaks in Sweden. – *Journal of Plant Diseases and Protection* **106**, 325–332.
- Poscai, E. 1987. Effect of brome mosaic virus infection on the plant height and weight of cereals at their early stages of growth. – *Cereal Research Communications* **15** (2–3), 167–174.
- Prigge, G., Gerhard, M., Habermeyer, J. 2004. – *Pilzkrankheiten und Schadsymptome im Getreidebau*. BASF, 189 p.
- Raatikainen, M. 1967. Bionomics, enemies and population dynamics of *Javesella pellucida* (F.) (Hom., Delphacidae). – *Annales Agriculturae Fenniae* **6**, 7–147.
- Ramsell, J., Lemmetty, A., Jonasson, J., Andersson, A., Sigvald, R., Kvarnheden, A. 2008. Sequence analyses of Wheat dwarf virus isolates from different hosts reveal low genetic diversity within the wheat strain. – *Plant Pathology* **57**, 834–841.
- Suzuki, N., Sasaya, T., Choi, I.R. 2015. Viruses threatening stable production of cereal crops. – *Frontiers Microbiology* **6**, 1–3.
- Sõmera, M., Gantsovski, M., Truve, E., Sooväli, P. 2016. First Report of Brome mosaic virus in Wheat in Estonia. – *Plant Disease*, **100**, 2175.
- Sõmera, M., Truve, E., Sooväli, P. 2019. First Report of Wheat dwarf virus in Winter Wheat in Estonia. – *Plant Disease* **103**, 1797.
- Sõmera, M., Kvarnheden, A., Desbiez, C., Blystad, D.-R., Sooväli, P., Kundu, J.K., Gantsovski, M., Nygren, J., Lecoq, H., Verdin, E., Spetz, C., Tamisier, L., Truve, E.,

- Massart, S. 2020. Sixty Years after the First Description: Genome Sequence and Biological Characterization of European Wheat Striate Mosaic Virus Infecting Cereal Crops. – *Phytopathology*. Epub ahead of print: 2019 Nov 29, PHYTO07190258FI.
- Tóbiás, I., Shevchenko, O., Kiss, B., Bysov, A., Snihur, H., Polischuk, V., Salánki, K., Palkovics, L. 2011. Comparison of the nucleotide sequences of wheat dwarf virus (WDV) isolates from Hungary and Ukraine. – *Polish Journal of Microbiology* **60**, 125–131.
- Tošić, M. 1971. Virus diseases in wheat in Serbia. II. Some changes in wheat plants infected with Wheat streak mosaic virus (WSMV) and Brome mosaic virus (BMV). – *Journal of Phytopathology* **71**, 327–340.

## Varre-peitkärsaka kahjustuse tase talirapsil

Silva Sulg, Riina Kaasik, Jonathan Martin Willow, Eve Veromann

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Abstract.** Sulg, S., Kaasik, R., Willow, J., Veromann, E. 2020. Damage rate of cabbage stem weevil in winter oilseed rape. – Agronomy 2020.

Cabbage stem weevil (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsham) has become more noticeable in oilseed rape fields in Estonia and is becoming a serious pest. In some fields, their abundance has even exceeded the control criterion, which in Estonia is one beetle per every six plants. The aim of the study was to determine the damage rate caused by cabbage stem weevil in winter oilseed rape fields in 2018, as well as whether the distance from the previous year's winter oilseed rape fields affected the damage rate. Winter oilseed rape plants were collected from 12 fields, at a distance of 12 meters from the field edge during the pod development stage. Length of stem damage was measured and larvae were counted and placed into soil to pupate, followed by identification of adults post-emergence. Results showed an increase in cabbage stem weevil damage and related it to a lower distance from the previous year's winter oilseed rape fields. Increasing spatio-temporal isolation between oilseed rape fields may represent a natural method for decreasing cabbage stem weevil damage.

**Keywords:** *Ceutorhynchus pallidactylus*, cabbage stem weevil, spatio-temporal, damage rate, *Brassica napus*

### Sissejuhatus

Varre-peitkärsakas (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsham) on oluline kahjur tali- ja suvirapsil Euroopas (Williams, 2010). Varre-peitkärsakas on umbes 2,5–3,4 mm pikkune, keha on kaetud hallikate soomustega. Kärsak on kõverdunud, käpalülid ja tundla viimased lülid punased (Juran *et al.*, 2011). Viimased kaks tunnust eristavadki varre-peitkärsakat teistest rapsil esinevatest kärsakatest. Varre-peitkärsakal on üks põlvkond aastas (Juran *et al.*, 2011). Emased valmikud jõuavad põllule hiljem kui isased (Büchs, 1998). Umbes 28 päeva peale esmast lennuaktiivsust on 50% emasest varre-peitkärsakatest valmis munema, ajaliselt ühtib see sageli teise rapsi teise olulise kahjuri, naeri-hiilamardika (*Brassicogethes aeneus* Fabricius) esimeste valmikute jõudmisega põllule (Seidenglanz *et al.*, 2018). Kahe kahjuri üheaegne saabumine põllule võimaldab nende arvukust üheaegselt hinnata ja vajadusel ka tõrjuda. Varre-peitkärsakas muneb väikeste kogumikena kaks kuni kaheksa muna leherootsu alumisele küljele, mõnikord ka noortele vartele (Alford, 1999).

Taimedele tekitavad peamist kahju varre-peitkärsaka vastsed, kes toituvad varrekudedest (Alford *et al.*, 2003). Vastsed liiguvad leherootsus ja vartes kaevandades taime säsi, mille tagajärjel seest tühjad varred murduvad ning raps lamandub (Williams, 2010). Varre-peitkärsakas võib kahjustada põllul kuni 90% taimedest (Juran *et al.*, 2011) ja põhjustada 50%-list saagikadu (Petratiene *et al.*, 2012). Täheldatud on ka varre-peitkärsaka resistentsust taimekaitsevahendite suhtes (Heimbach *et al.*, 2006; Kelm and Klukowski, 2000). Teadaolevalt ei ole uuritud Eestis varre-peitkärsaka kahjustuse suurust ja selle sõltuvust ajalis-ruumilisest eraldatusest. Sellest

tulenevalt oli käesoleva töö eesmärgiks välja selgitada varre-peitkärsaka kahjustuse suurus talirapsi põldudel ja kas kahjustuse suurst mõjutab kaugus eelmise aasta talirapsi põllust.

## Materjal ja metoodika

Katsed viidi läbi talirapsi tootmispõldudel Tartumaal 2018. aastal. Kokku oli katses 12 põldu, millest kuus asusid lähemal kui 500 meetrit ja kuus kaugemal kui 500 meetrit eelmise aasta talirapsi põllust. Kahjustuse suuruse hindamiseks koguti 11. juunil 2018. aastal igalt katsepõllult 12 meetri kauguselt põlluservast viiest punkti kolm juhusliku taime, kokku 180 taimeproovi. Materjali kogumisel olid taimed kõtrade moodustamise staadiumis (BBCH 70–72). Laboris taimed mõõdeti ja lahati. Lahkamise käigus mõõdeti ka kahjustuse pikkus ja loendati vartes asunud vastsed.

Rapsi vartes kaevandavate vastsete liigini määramine ei ole võimalik, seetõttu kasvatati vastsetest valmikud. Viimase (kolmanda) kasvujärgu vastsed asetati niisutatud mullaga täidetud väljakasvatuspüünisesse nukkuma. Püünised asetati kasvukambrisse (Sanyo MLR-351H, Japan) temperatuuriga  $20 \pm 2$  °C, suhtelise õhuniiskusega 60% RH ja 16:8 h päev:öö režiimiga. Väljakasvanud mardikad määrati liigini. Andmete statistiliseks analüüsiks kasutati programme Microsoft Excel 2016 ja Statistica 64 versiooni 13.2 (Statsoft, Inc., USA 2017). Varre-peitkärsakate arvukuse erinevusi analüüsiti üldistatud lineaarse mudeli (GLZ) statistikuga Wald 3, milles kasutati Poissoni jaotust ja log-link funktsiooni, sest katseandmed ei vastanud normaaljaotusele. Tulemused loeti statistiliselt erinevaks, kui  $p < 0,05$ .

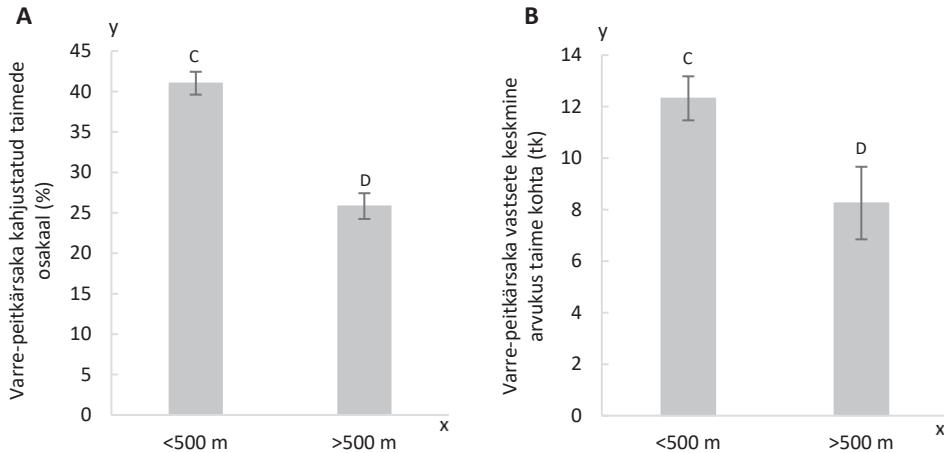
## Tulemused ja arutelu

Taimedest oli kahjustatud keskmiselt 33,43% ja kahjustuse pikkus taimevarres oli keskmiselt  $38,48 \pm 1,42$  cm. Ühe taime kohta leiti keskmiselt kümme vastset. Kasvukambrisse nukkuma pandud isenditest oli 778 (99%) varre-peitkärsakat (*C. pallidactylus*) ning 11 juure-peitkärsakat (*C. pleurostigma*). Tulemuste analüüsimisel selgus, et põldudel, mis asusid 500 meetrit raadiuses eelmise aasta talirapsi põldudest oli kahjustuse tase oluliselt kõrgem ( $41,02 \pm 1,59\%$ ) kui põldudel, mis asetsesid kaugemal kui 500 meetrit ( $25,83 \pm 1,41\%$ ) (joonis 1 A.).

Põllud, mis asetsesid lähemal kui 500 meetrit eelmise aasta talirapsi põllust olid kahjuritele kergesti leitavad ning pakkusid järgneval aastal neile soodsat toitumis- ja paljunemisaika. Varre-peitkärsakas on talirapsil olulisem kahjur kui suvirapsil, selle varasema arengu tõttu (Williams, 2004). Talirapsi kahjustus võib olla võrreldes suvirapsiga koguni 20–40% suurem (Vaitelytė *et al.*, 2013). Lisaks talirapsi varasemale arengule mõjutab oluliselt kahjustuse taset ka see, et peremeestaimed on lihtsasti leitavad, mis on tingitud põllumajandusmaastiku homogeensusest ja suurtest monokultuursetest põllumaadest. Looduslike vaenlaste nõudmised maastikule on aga tihti kõrgemad kui kahjuritel, nii ei paku homogeenne põllumajandusmaastik elupaika kahjuri looduslikele vaenlasele (Landis, 1994). Maastiku mitmekesistamiseks on võimalus rajada põlde piiravad laiad rohtsed põlluservad või hekid, mis toimiksid kasulikele lüljalgsetele ühenduskoridoridena ning toitumis- ja talvitumisaikadena

(Williams, 2010). Mitmekesise taimeistikuga ümbritsetud põldudel suureneb ka kahjurite looduslike vaenlaste arvukus, sest neile on tagatud sobiv talvitumispaik ja alternatiivne toiduressurss (Landis, 1994).

Antud katse käigus selgus, et kaugusel eelmise aasta rapsipõllust oli oluline mõju kahjustuse tasemele (Wald  $\chi^2(1)=45,61$ ;  $p<0,0001$ ; joonis 1 A). Varre-peitkärsakad talvituvad rapsipõldude ligiduses kõdukihis või mulla pealmises kihis (Juran *et al.*, 2011; Williams, 2010), seega on oluline kinni pidada mitmekesisesest külvikorrast ning võimalusel tagada sama põllukultuuri ajaline ja ruumiline eraldatus.



**Joonis 1.** Varre-peitkärsaka keskmine kahjustus ( $\pm$ SE) (%) taime kohta talirapsi põldudel (A) ja varre-peitkärsaka vastsete keskmine ( $\pm$ SE) arvukus taime kohta talirapsi põldudel (B), mis asusid lähemal kui 500 meetrit (<500 m) või kaugemal kui 500 meetrit (>500 m) eelmise aasta talirapsi põllust. Tähed tulpadel tähistavad statistiliselt olulist erinevust variantide vahel ( $p<0,05$ )

Ka vastsete arvukus taime kohta oli suurem põldudel, mis asusid eelmise aasta talirapsi põldude lähedal ( $12,32\pm1,41$ ) kui kaugemal asuvatel põldudel ( $8,25\pm0,85$ ) (Wald  $\chi^2(1)=71,37$ ;  $p<0,0001$ ; joonis 1 B.). Saadud tulemused näitavad, et suurem vahemaa eelneva aasta põldudest on oluline, et vähendada varre-peitkärsaka vastsete arvukust ja nende poolt tekitatud kahju. Põllumajandusmaastik võiks olla mosaiikne ja sisaldada erinevaid pool-looduslikke ja mitteharitavaid alasid nagu metsatukad, hekid, mitmekesise taimeistikuga niidud, rohtsed põlluservad jne, mis pakuks mitmekesist paljunemis-, toitumis-, varje- ja talvitumispaiku kasulikele lülilalgsetele (Altieri, 1999; Williams, 2010). Röövtoidulised putukad (näiteks ämblikud, jooksiklased) ja parasitoidid vähendavad varre-peitkärsaka arvukust (Ulber, 2003). Parasitoidid vajavad toitumiseks nektarit ja seega tõstab õistaimede olemasolu põldudel või põlluäärtes parasitoidide arvukust ka kultuurpõllul (Wäckers, 2004; Williams, 2004). Samuti suurendab õietolmu ja nektari kättesaadavus parasitoidide eluiga ja viljakust aidates seeläbi kaasa bioloogilise kontrolli toimimisele (Begum *et al.*, 2006; Berndt and Wratten, 2005; Wäckers, 2004). Ristõeliste kultuuride külvikorra vahele peaks jääma vähemalt 5 aastat, sest siis ei saa ristõeliste kultuuridele spetsialiseerunud

kahjurid nii massiliselt paljuneda ja lisaks väheneb ka rapsi kapsanuutrisse nakatumise oht (Diederichsen *et al.*, 2014; Metspalu *et al.*, 2002). Oluline on külvikordade planeerimisel ka suhtlus naaberpõldude omanikega. Sünkroonitud külvikorra plaan naaberpõldudega aitab kaasa kahjurite arvukuse ohjamisele (Altieri, 1993).

**Tabel 1.** Taime keskmine ( $\pm$ SE) kahjustuse pikkus ja kahjustuse keskmine ( $\pm$ SE) osatähtsus varre kohta põldudel, mis asusid lähemal kui 500 meetrit (<500 m) või kaugemal kui 500 meetrit (>500 m) eelmise aasta talirapsi põllust

Katsepõld / kaugus eelmise aasta rapsipõllust	Kahjustuse pikkus (cm) $\pm$ SE	Keskmine kahjustuse protsent (%) $\pm$ SE	Keskmine vastsete arv $\pm$ SE	Kahjustuse skaala	Laman- dumise tõenäosus
<500 m					
Katsepõld 1*	48,53 ( $\pm$ 6,10)	40,82 ( $\pm$ 3,27)	3,13 ( $\pm$ 0,81)	3,07	Keskmine
Katsepõld 2	36,13 ( $\pm$ 2,76)	30,89 ( $\pm$ 2,28)	9,67 ( $\pm$ 2,43)	2,80	Madal
Katsepõld 3	42,07 ( $\pm$ 3,59)	37,20 ( $\pm$ 3,19)	10,47 ( $\pm$ 1,62)	3,00	Keskmine
Katsepõld 4	46,87 ( $\pm$ 4,68)	39,39 ( $\pm$ 4,39)	9,00 ( $\pm$ 1,83)	3,00	Keskmine
Katsepõld 5*	65,93 ( $\pm$ 4,24)	53,54 ( $\pm$ 3,52)	32,13 ( $\pm$ 5,00)	3,53	Keskmine
Katsepõld 6	49,60 ( $\pm$ 1,47)	44,31 ( $\pm$ 1,41)	9,53 ( $\pm$ 1,41)	3,13	Keskmine
>500 m					
Katsepõld 7	37,60 ( $\pm$ 2,19)	35,53 ( $\pm$ 1,78)	6,93 ( $\pm$ 1,54)	2,93	Madal
Katsepõld 8	40,13 ( $\pm$ 2,61)	34,93 ( $\pm$ 2,97)	12,87 ( $\pm$ 2,34)	2,80	Madal
Katsepõld 9	22,93 ( $\pm$ 3,91)	20,96 ( $\pm$ 3,27)	6,07 ( $\pm$ 1,02)	2,00	Madal
Katsepõld 10*	15,60 ( $\pm$ 3,22)	13,93 ( $\pm$ 2,88)	3,00 ( $\pm$ 1,13)	1,53	Puudub
Katsepõld 11	38,07 ( $\pm$ 2,43)	32,95 ( $\pm$ 1,77)	18,47 ( $\pm$ 1,84)	2,80	Madal
Katsepõld 12*	18,33 ( $\pm$ 3,14)	16,70 ( $\pm$ 2,87)	2,20 ( $\pm$ 0,55)	1,87	Puudub

Märkus. \* Põllul kasutati insektitsiide

Varre-peitkärsaka kahjustuse suuruse ja insektitsiidide kasutamise vahel oli statistiliselt oluline aga väga nõrk negatiivne korrelatsioon ( $r=-0,25$ ,  $p<0,05$ ) ehk taimekaitsevahendite kasutamine vähendas kahjustuse taset. Varre-peitkärsaka vastu insektitsiidide kasutamine on siiski keeruline (Junk *et al.*, 2012). Keeruline on ühise tõrje ajastamine varre-peitkärsaka ja naeri-hiilamardika vastu, kuna naeri-hiilamardikas jõuab põllule alles siis, kui varre-peitkärsaka munemisperiood algab (Seidenglanz *et al.*, 2018). Varre-peitkärsaka munemisperiood sõltub lisaks ka ilmastikuoludest ja seetõttu võib kesta isegi kuu või rohkem (Seidenglanz *et al.*, 2009). Varasemalt on leitud, et pritsimine varre moodustamise hetkel (BBCH 30) on varre-peitkärsaka vastu efektiivsem kui hilisem õitsemiseelne (BBCH 53–55) pritsimine (Seidenglanz *et al.*, 2018). Kõige efektiivsemat aega, millal kasutada taimekaitsevahendeid, on raske soovitada, kuna varre-peitkärsaka munemisperiood on pikk ja ettearvatu, seega tuleks eelistada loodusliku tõrjet varre-peitkärsaka vastu. Euroopas soovitatakse teha tõrjet varre-peitkärsaka vastu rapsi õitsemiseelsel perioodil (Eesti Taimekasvatuse Instituut, 2016).

Peamist kahju tekitavad vastsed, kes kaevandavad taime varres, mille tõttu taime varred murduvad ja kultuur lamandub. Kahes katses olnud põllul puudus lamandu-



mise tõenäosus: Katsepõld 10 ja 12 asusid kaugemal kui 500 meetrit eelmise aasta talirapsi põllust ja samuti kasutati insektitsiide. Hoolimata insektitsiidide kasutamisest oli lamandumise tõenäosus madal kõikidel põldudel, mis asusid kaugemal kui 500 meetrit eelmise aasta põllust, seega on ruumiline eraldatus oluline. Antud katse näitab, et põldudel, kus lamandumise tõenäosus oli keskmine, asusid lähemal kui 500 meetrit eelmise aasta talirapsi põllust ning põllud, mis asusid kaugemal kui 500 meetrit jäi lamandumise tõenäosus madalaks (tabel 1).

## Kokkuvõte

Uurimustöös leiti, et kaugus eelmise aasta talirapsipõllust mõjutas oluliselt varre-peitkärsaka kahjustuse taset. Nii kahjustuse tase kui ka vastsete keskmine arvukus taime kohta oli suurem põldudel, mis asusid 500 meetri raadiuses eelmise aasta põldudest. Taimekaitsevahendite kasutamine vähendas varre-peitkärsakate kahjustuse taset, kuid pritsimise ajastamine on keeruline, tulenevalt varre-peitkärsaka pikast munemisperioodist, on oluline tõrjes rakendada ennetavaid looduslikke taimekaitse põhimõtteid ja võimalusi. Kasulike lüljalgsete soodustamine põllul on üks viis aga lisaks ka maastiku kujundamine erinevate taimsete põlluservadega, hekid, püünis-kultuurid aitavad kaasa, et vähendada keemilise tõrje vajalikkust varre-peitkärsaka vastu. Antud uurimus on teadaolevalt Eestis esmakordne, seega puuduvad Eesti kohta võrreldavad andmed. Tulemused annavad küll hea ülevaate 2018. aasta katsepõldude kahjustuse ulatusest, kuid kindlasti tuleks antud kahjuri rohkem uurida, et teda efektiivselt tõrjuda.

## Tänuavaldused

Autor tänab Madis Ajaotsa, kelle põldudel välitööd läbi viidi ja Simon Regoneni abi eest välitöödel. Antud töö valmis C-IPM projekti 'IPM4Meligethes' ja Haridus- ja Teadusministeeriumi IUT36-2 toetusel.

## Kasutatud kirjandus

- Alford, D.V. 1999. A textbook of Agricultural Entomology. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, 314 lk.
- Alford, D.V. Nilsson, C., Ulber, B., 2003. Insect Pests of Oilseed Rape Crops. – *Biocontrol of Oilseed Rape Pests*. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, lk 9–42.
- Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **74**, 19–31.
- Altieri, M.A. 1993. Ethnoscience and biodiversity: key elements in the design of sustainable pest management systems for small farmers in developing countries. – *Agriculture and Environment* **46**, 257–272.
- Begum, M., Gurr, G.M., Wratten, S.D., Hedberg, P.R., Nicol, H.I. 2006. Using selective food plants to maximize biological control of vineyard pests. – *Journal of Applied Ecology* **43**, 547–554.
- Berndt, L.A., Wratten, S.D. 2005. Effects of alyssum flowers on the longevity, fecundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica*. – *Biological Control* **32**, 65–69.



- Büchs, W. 1998. Strategies to control the cabbage stem weevil (*Ceutorhynchus pallidactylus* [Mrsh.]) and the oil seed rape stem weevil (*Ceutorhynchus napi* Gyll.) by a reduced input of insecticides. – *IOBC-WPRS Bulletin* Vol **21**, 205–220.
- Diederichsen, E., Frauen, M., Ludwig-Müller, J. 2014. Clubroot disease management challenges from a German perspective. – *Canadian Journal of Plant Pathology* **36**, 85–98.
- Talirapsi ja talirüpsi integreeritud taimekaitse juhend. 2016. Eesti Taimekasvatuse Instituut. [WWW] <https://www.etki.ee/index.php/valdkonnad/taimekaitse#integreeritud-taimekaitse-suunised> (06.12.2019)
- Heimbach, U., Müller, A., Thieme, T., First steps to analyse pyrethroid resistance of different oil seed rape pests in Germany. – *NachrBl Dtsch PflSchutz*. **58**, 1–5.
- Junk, J., Eickermann, M., Görgen, K., Beyer, M., Hoffmann, L. 2012. Ensemble-based analysis of regional climate change effects on the cabbage stem weevil (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Mrsh.)) in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). – *The Journal of Agricultural Science* **150**, 191–202.
- Juran, I., Gothlin Čuljak, T., Grubišić, D. 2011. Rape Stem Weevil (*Ceutorhynchus napi* Gyll. 1837) and Cabbage Stem Weevil (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsh. 1802) (*Coleoptera: Curculionidae*) – Important Oilseed Rape Pests. – *Agriculturae Conspectus Scientificus* **76**, 93–100.
- Kelm, M., Klukowski, Z., 2000a. The effect of stem weevil (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsh.) infestation on oilseed rape yield. – *IOBC WPRS Bulletin*. **23(6)**, 125–129.
- Landis, D. 1994. Arthropod sampling in agricultural landscapes: ecological considerations. – *Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture*. CRC Press. Toim. Pedigo, L.P., Buntin, G.D. 16–31.
- Metspalu, L., Hiiesaar, K., Kuusik, A., Lauk, Ü., Luik, A. 2002. *Ristõieliste kultuuride kahjurid*. Eesti Põllumajandusülikool, Taimekaitse Instituut. Toim. Metspalu, L., Hiiesaar, K., Tartu, 102 lk.
- Petraitienė, E., Brazauskienė, I., Vaitelytė, B., 2012. The effect of insecticides on pest control and productivity of winter and spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). – *Insecticides – Advances in integrated pest management*. InTech. Rijeka Croatia. Toim. Perveen, F. lk 343–366.
- Seidenglanz, M., Poslušná, J., Hrudová, E. 2009. The importance of monitoring the *Ceutorhynchus pallidactylus* female flight activity for the timing of insecticidal treatment. – *Plant Protection Science*. **45**, 103–112.
- Seidenglanz, M., Šafář, J., Rubil, N., Ruseňáková, M., Roskóová, V. 2018. Does the assessment of eggs in *Ceutorhynchus pallidactylus* and *C. napi* ovaries in spring make possible a date for one common spray treatment effective against the weevils and even pollen beetles? – *IOBC-WPRS Bulletin* Vol. **136**, 114–125.
- Ulber, B. 2003. Parasitoids of *Ceutorhynchid* Stem Weevils. *Biocontrol of Oilseed Rape Pests*. Blackwell Science Ltd. Toim. Alford, D.V. Oxford, UK, lk 87–95.
- Vaitelytė, B., Brazauskienė, I., Petraitienė, E. 2013. Species diversity of weevils (*Ceutorhynchus* spp.), migration activity and damage in winter and spring oilseed rape. – *Zemdirbyste-Agriculture*. **100**, 293–302.
- Wäckers, F.L. 2004. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. – *Biological Control*. **29**, 307–314.
- Williams, I.H. 2010. The major insect pests of oilseed rape in Europe and their management: an overview. – *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer Netherlands. Toim. Williams, I.H. Dordrecht, lk 1–43.
- Williams, I.H. 2004. Advances in Insect Pest Management of Oilseed Rape in Europe. – *Insect Pest Management*. Springer Berlin. Toim. Horowitz, A.R., Ishaaya, I., Berlin, lk 181–208.

## Aiandus

Horticulture

# Mõnede Eestis kasvavate aia- ja metsakultuuride sobivus veini valmistamiseks

Rein Lillak<sup>1,2</sup>, Heli Meripõld<sup>3</sup>, Uno Tamm<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

<sup>2</sup> Klarett OÜ

<sup>3</sup> Eesti Taimekasvatuse Instituut

**Abstract.** Lillak, R., Meripõld, H., Tamm, U. 2020. Suitability of some Estonian horticultural and forest crops for making fruitwine. – Agronomy 2020.

Large quantities of primary goods from different horticultural and forest crops make manufacturing of fruitwine highly desirable line of business in the Northern latitudes, including Estonia. However, to realize the potential, more investigations are needed to clarify the suitability of local fruits for making wine. In the present study the pH<sub>KCl</sub> and Brix<sup>o</sup> from the natural juices of some Estonian berries, apples and vegetables were studied. The species under interest were wild cranberry, Japanese quince, red and black currant, wild and cultural blackberry, aronia, strawberry, apples (10 varieties), rhubarb, tomato, beet, carrot, sweet potato and pumpkin. Experimental data were analyzed by using ANOVA Tukey HSD test. The results indicate a large variation among species. According to juice pH level we could divide the fruits into three group: very acid fruits (wild cranberry and japanese quince; juice pH<3.0), moderate to light acid fruits (most vegetables and apple cultivar 'Kikitiinu'; pH>4.0), and fruits which are optimum for making wine must (all the rest). In making wine from fruits belonging to the second group, it is important to increase the acidity of must before fermentation. For this the berries from the first group are well suited. The content of soluble solids in the juices was in the range of 7.32 (Japanese quince) to 16.95°Brix (aronia). This substrate concentration is good for making hard cider-like breweries, but not enough for making fruitwine with alcohol content by volume more than 10%.

**Keywords:** fruitwine, berries, apples, vegetables, pH<sub>KCl</sub>, Brix<sup>o</sup>

## Sissejuhatus

Vein on kääritatud jook, mida valmistatakse eelkõige viinamarjadest. Looduslikult kõrge suhkrusisaldus, tasakaalus suhkrute ja orgaaniliste hapete kogus ning kõrge tervisele kasulike ühendite sisaldus muudavad selle kultuuri lõunapoolsetes riikides üheks kõige enam kasutatavaks naturaalselt kääritatud jookide tootmisel.

Põhjapoolsetel laiuskraadidel (ka Eestis) on viinamarja kasvatamine loodusoludest tulenevalt küllaltki keeruline ning saadud vähesest toorainest veini tegemine ja turustamine seotud majanduslike kitsaskohtadega. Küll aga on meil piisavalt marju, puu- ja köögivilju, millest valmistatud mahla väärimine kääritamise kaudu oleks nii majanduslikult kui ka sotsiaalselt tasuv.

Meie pedokliimaatilised tingimused on üldiselt sobilikud erinevate marja-, köögivilja- ja puuviljakultuuride kasvatamiseks. Kuigi veini tootmiseks sobivate kultuuride pind on ametliku statistika alusel suhteliselt väike (2017.a. veidi üle 10 tuhande hektari, millest viljapuu- ja marjaaiad võtsid enda alla ligi 70%), oli sealt saadav toodangu kogusaak ca 35 tuhat tonni. Saagi moodustamiseks soodsatel aastatel (näit

2016.a) võib see kogus olla viiendiku võrra isegi suurem (ESA, 2019). Sellele lisandub koduaedades kasvatatud saak, mida ametlik statistika ei käsitle ning millest suur osa läheb saagirikastel aastatel lihtsalt komposteerimiseks.

Veini valmistamise sobilik tooraine peab vastama teatud kvaliteedinõuetele. Tooraine puhtuse ja maitseomaduste kõrval loetakse olulisemateks näitajateks virde happesust ning fermenteeruva suhkru sisaldust. Kui suhkru hulk määrab esmajoones ära tulevase veini kanguse ning hilisema stabiilsuse, siis happesuse toime on märksa komplekssem. Uuringud on näidanud, et liiga happeline keskkond ( $\text{pH} < 3$ ) pikendab fermentatsioonil pärmi kohanemisfaasi (lag-faasi; Liu et al., 2015), põhjustab pärmil stressi, muudab ta tundlikumaks alkoholi suhtes (Gao, Feet, 1988) ja vähendab etanooli tootmist (Samson et al., 2017; Lu et al., 2017). Inimese hammaste seisukohalt loetakse jooki, mille pH on alla 3 äärmiselt erodeerivaks (Reddy et al., 2016). Teiselt poolt inhibeerib kõrge happesus mitmete kahjulikele mikroorganismide arengut (Bozoglu et al., 2015), saadud vein on mikrobioloogiliselt (Boulton, 1980) ja biokeemiliselt stabiilsem ning püsivama värvi ja maitsega (Rühl et al., 1992; Lilly et al., 2006; Kodur, 2011). Mitmed uuringud on näidanud, et nii ensüümide (Reynolds et al., 2018) kui ka muude bioloogiliselt aktiivsete ühendite, sh antioksüdantide sisaldus veinis on paljus seotud virde happesusega (Owusu et al., 2015; Luo et al., 2013; Morata et al., 2006). Eelpooltoodust lähtudes on sobivaks veinivirde happesuseks loetud vahemikku 2,75–4,25 (Fleet, Heard, 1993), ideaalseks aga olenevalt veini tüübist 3,2–3,7.

Eestis pole kasvatate marjade, puu- ja köögiviljade sobivust veinivirde valmistamiseks seni eriti uuritud. Selleks on mitmeid põhjusi, kuid üheks olulisemaks takistuseks on olnud seni toimiv ühekülgne riiklik alkoholipoliitika. Samas pole viimasel aastakümnel toimunud käsitöölle tootmise võidukõik Eestis kaasa toonud alkoholi tarbimise olulist tõusu, küll aga on loonud uusi võimalusi väikeettevõtlusel baseeruvale majandusele. Meie rikkalik ja mitmekülgne toorainebaas loob head eeldused ka käsitööveinide tootmiseks. Selle tegevusharu käivitamine eeldab aga senisest ulatuslikumat uurimis- ja arendustööd.

Käesoleva uurimise eesmärgiks on selgitada meil kultuuris ja looduses enam kasvatate marjade, puu- ja köögiviljade sobivust veinilaadsete kääritatud jookide valmistamiseks, lähtudes mahla happesusest ning lahustunud ainete, peamiselt fermenteeruvate suhkrute sisaldusest.

## Materjal ja meetodika

Uuringu läbiviimiseks vajalik taimne materjal saadi Liina Talgre koduaiast (10 erinevat sügis- ja taliõuna sorti), Tõnu Oksa Marjamaa Talust (külmutatud punane ja must sõstar, kultuurmustikas ning maasikas), artikli autorite koduaiast (marjakultuuridest must aroonia ja ebaküdoonia, köögiviljadest tomat), EMÜ PKI katsejaamast (bataat), Tähtvere rabast (jõhvikas ja mustikas) või osteti külmutatud kujul AS Kaupmees & Co Tartu kaupluslaost (köögiviljad). Uurimiseks võetud taimne materjal koguti 2019.a sügisel ning vaid viimasel juhul kasutati selleks 2018.a saaki.

Taimne materjal (a'400-500g) pesti ja kuivatati (värskel materjal) või sulutati (külmutatud materjal) ning purustati saumikseriga. Saadud homogeenest massist pressiti välja mahl, mida kasutati järgnevate mõõtmiste läbiviimiseks.

Mahla happesust hinnati Poola firma Elmetron CP-401 pH-meetriga, mis oli eelnevalt kalibreeritud pH 7, 4 ja 2 bufferlahustega. Mahlas lahustunud ainete hulka hinnati HI96801 refraktomeetriga (Hanna Instruments Inc.; USA) Brix kraadides, kusjuures enne igat mõõtmist viidi läbi täiendav kalibreerimine destilleeritud veega. Kõik hindamised teostati 6 korduses.

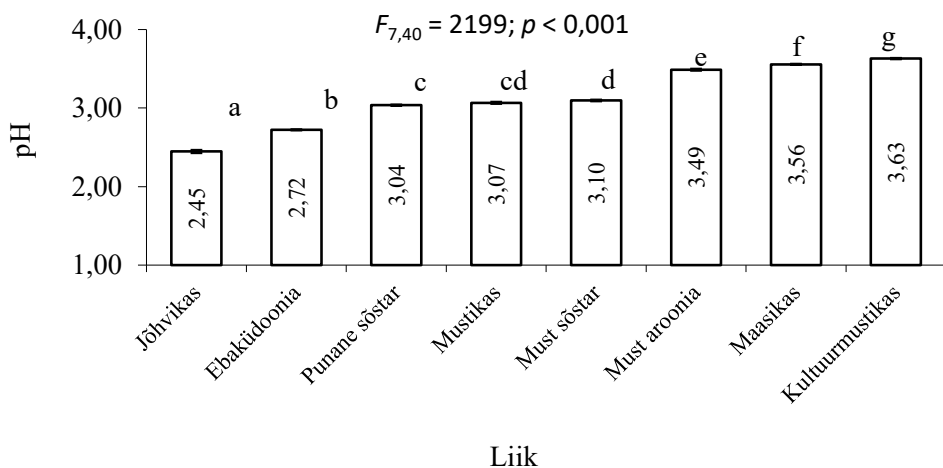
Andmete statistiliseks hindamiseks kasutati Statistica 12 arvutiprogrammi. Andmed töödeldi ANOVA Tukey HSD testi abil. Statistiliselt usutavad erinevused ( $p < 0,05$ ) variantide vahel on märgitud erinevate tähtedega.

## Tulemused ja arutelu

### Mahla happesus

Kogutud marjakultuuridest osutus kõige happelisemaks jõhvikas, mille mahla keskmine  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  ulatus 2,45-ni (joonis 1). Sellele järgnesid ebaküdoonia, sõstrad ning üllatuslikult ka looduslik mustikas ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  alla 3,10). Sedavõrd kõrge happesus vähendab fermentatsiooni efektiivsust, mistõttu nende liikidel puhta mahla kasutamine marjaveini valmistamiseks on seotud teatud probleemidega. Samas ei takista see asjaolu kasutamaks neid virde valmistamiseks segus teiste vähemhappeliste kultuuridega või lahjendatuna veega. Jõhvika ja mustika kasutamisel virde valmistamiseks tuleb kindlasti sealjuures arvesse võtta marjade kõrge bensoehappe sisaldusega seotud probleeme.

Musta aroonia, aedmaasika ja kultuurmustika mahla  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  jäi vahemikku 3,5-3,6, sobides selle näitaja alusel ideaalselt marjaveini tegemiseks puhtal kujul. Iseküsimuseks on saadava veini maitse tasakaalu saamine, seda eriti kultuurmustika ja

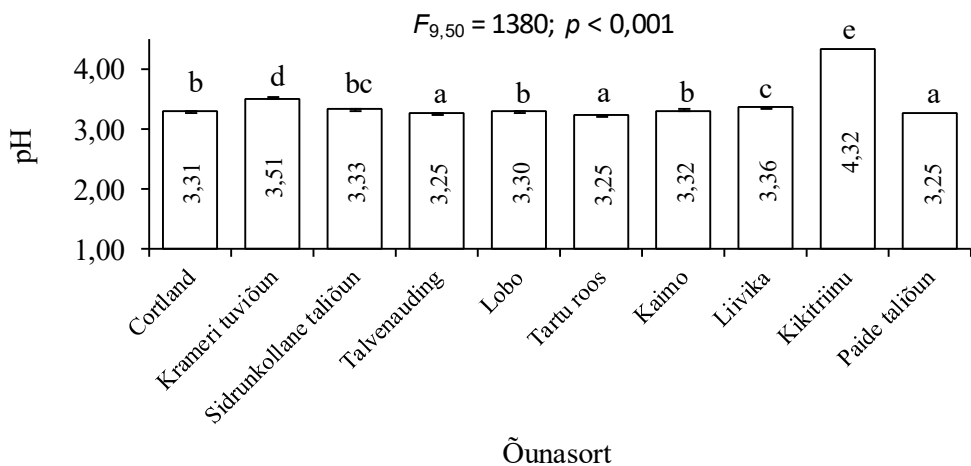


**Joonis 1.** Eestis kasvavate looduslike ja kultuurmarjade mahla happesus

musta aroonia veinide puhul. Esimesel juhul võib maitse olla suhteliselt iseloomutu, teisel juhul liialt domineeriv.

Sügis- ja taliõunte mahla happesus oli sordiliselt suhteliselt sarnane ning jäi reeglina optimaalsetesse piiridesse ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  vahemikus 3,3-3,5; joonis 2). Oma happesuse alusel sobib selline mahl nii puhtal kujul puuviljaveini ja siidri valmistamiseks kui ka koos teiste samahapude kultuuridega seguveinide valmistamiseks. Vaid taliõuna sordi 'Kikitriinu' mahl osutus teistest märgatavalt vähem happeliseks ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  4,32). Selline mahl puhtal kujul veini valmistamiseks ei sobi, kuid segades teda happelisemate kultuuride mahlaga, saab seda viga siiski parandada (alternatiivne võimalus on lisada virdele sidrun-, õun- või viinhapet).

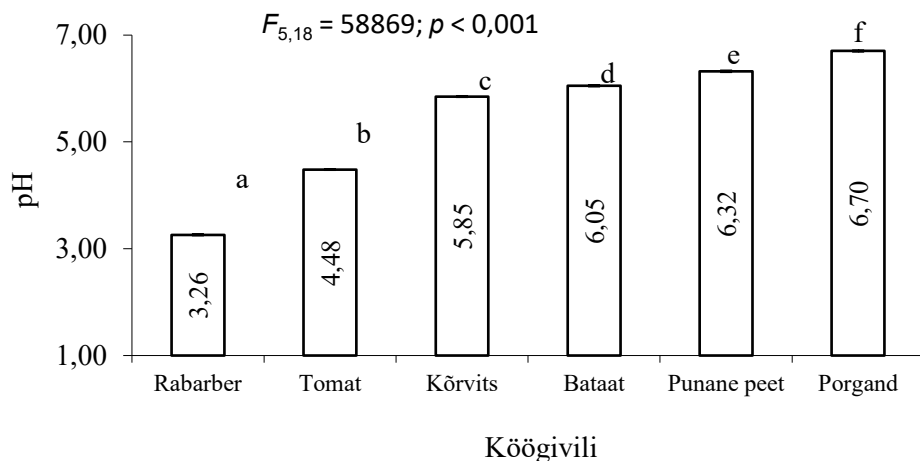
Köögiviljad on rikkad erinevate bioaktiivsete ühendite ja mineraalainete poolest, kuuludes lahutamatu osana meie toidulauale. Tomatis olev lükopeen, peedis sisalduvad betalaanid ning porgandis olevad karotinoidid on olulised ühendid nii oksüdatiivse stressi, vähkkasvajate kui ka mitmete muude tervisehädade profülaktikas (Minich, 2019). Sellest tulenevalt on viimasel ajal üha enam hakatud katsetama köögiviljaveinide valmistamisega.



**Joonis 2.** Mõnede Eestis kasvatatavate õunasortide mahla happesus

Köögiviljade mahl on reeglina vähehappeline ning seda soovitatakse eelkõige happeliste toitude tasakaalustamiseks (Schwalfenberg, 2012). Meie uuringud näitasid, et kuuest katses olnud liigist oli kõige happelisema mahlaga rabarber (joonis 3). Kuigi maitsest võiks rabarberi paigutada samasse rühma jõhvika ning ebaküdooniaga, oli tema tegelik happesus siiski märgatavalt väiksem ning peale oblikhappe väljasadestamist võiks teda kasutada ka puhtal kujul kuivade veinide valmistamiseks. Teiste uuringus olnud köögiviljade mahlad olid oluliselt kõrgema pH-ga, kusjuures neutraalsele tasemele kõige lähemal asus porgand (nimetatud näitaja 6,70). Sedavõrd madal virde happesus võib järgneval fermentatsioonil, laagerdumisel ja säilitamisel tekitada mitmeid kvaliteediga seotud probleeme. Selle tõttu soovitame neid köögivilju kasutada vaid seguveinide valmistamiseks koos happelisema toor-

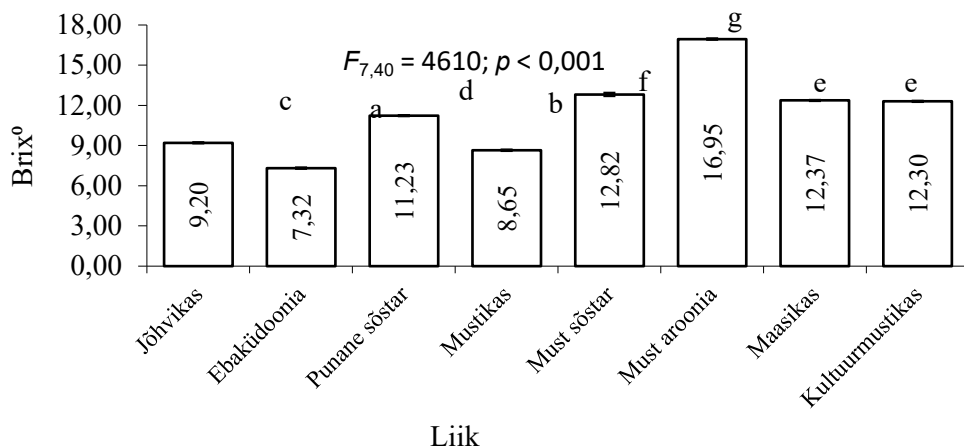
ainega. Ühekomponendiliste veinide tegemisel tuleks aga virdele kindlasti lisada orgaanilisi happeid.



**Joonis 3.** Kõögiviljade mahla happesus 2018.a

#### Brix° väärtus

Erinevad uuringud on näidanud, et põhjapoolsetes regioonides kasvanud aia- ja metsaviljad on suhteliselt suhkruaesed (Skrede et al., 2012). Meie poolt teostatud mõõtmised kinnitasid seda väidet veelgi. Marjakultuuridest osutus lahustuvate ainete sisalduselt (sh suhkrult) kõige rikkamaks must aroonia, millele järgnesid mustsõstar, maasikas ja kultuurmustikas (Brix° 12,3-17,0; joonis 4). Lähtudes internetis toodud kalkulaatorist (<https://www.brewersfriend.com/brix-converter/>) saab sellise näitajaga virdest täieliku fermentatsiooni tingimustes valmistada veini, mille alkoholisisaldus jääb mahuprotsentides vahemikku 6,6-9,5. Tegu on suuresti siidri-

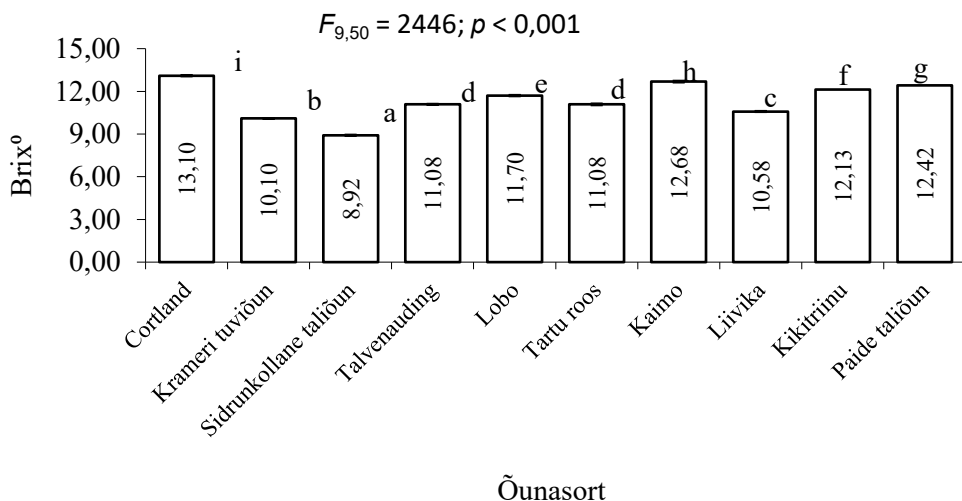


**Joonis 4.** Marjamahlas lahustunud ainete sisaldus Brix kraadides.

taolise joogiga, mida võib olla väga raske tasakaalustada, mis on kergesti riknev ning lühikese säilivusajaga.

Jõhvikal, ebaküdoonial ja mustikal jäi nimetatud näitaja isegi alla 9,5° Brix (potentsiaalne alkoholi sisaldus alla 5 mahuprotsendi), mistõttu suhkrut täiendav lisamine taolisest mahlast valmistatava virdele on veinitegemisel möödapääsmatu.

Õunamahlas oli lahustunud ainete sisaldus sorditi suhteliselt stabiilne, sarnane-des maasika ja kultuurmustikaga (11–13 °Brix; joonis 5). Teistest olulisemalt suhkruvaesemad olid ‘Krameri tuviõun’ ning eriti ‘Sidrunkollane taliõun’. ‘Kikitrinu’, mille mahla happesus oli madalaim ning mis paistis teiste sortide seast silma oma maheda maitse poolest, oli ootuste vastaselt uuritav näitaja suhteliselt keskpärane (12,13 °Brix), millega jäi ta alla nii ‘Paide taliõunale’, ‘Kaimole’ kui ka ‘Cortlandile’.



**Joonis 5.** Eesti õunasortide mahlas lahustunud ainete sisaldus Brix kraadides

### Kokkuvõte

Läbiviidud uuring näitas, et meie aia- ja metsamarju on võimalik kasutada kääritatud alkoholsete jookide tootmiseks. Oma happesusest jäid nad valdavalt veini valmistamiseks soovitatud piiridesse. Vaid vähestel oli mahla pH alla 3,0, mistõttu nende kasutamisel tuleks virret lahjendada kas vee või mõne vähemhappelise mahlaga. Kõögiviljade kasutamisel tuleks aga enne käärima panekut virde happesust tõsta.

Mahlas lahustunud ainete, sh suhkrute hulk oli meie aia- ja metsaviljadel madal. Selle näitaja alusel sobivad nad eelkõige madala alkoholi sisaldusega siidriaadsete toodete valmistamiseks. Veinide tegemiseks on vajalik suhkrut täiendav lisamine või virdes suhkrut kontsentratsiooni tõstmine mõnel muul meetodil.



## Tänuavaldused

Artikli autorid tänavad EMÜ PKI taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetooli teadurit Liina Talgret ja FIE Jaan Otsa Marjamaa Talu nende abi eest taimse materjali kogumisel ning nimetatud õppetooli peaspetsialisti Viacheslav Eremeevit andmete statistilisel töötlemisel.

## Kasutatud kirjandus

- Boulton, R. 1980. The general relationship between potassium, sodium and pH in grape juice and wine.— *American Journal of Enology and Viticulture* **31**, 182-186.
- Bozoglu, M. D., Ertunc, S., Akay, B., Bursali, N., Vural, N., Hapoglu, H., Demirci, Y. 2015. The effect of temperatuure, pH and SO<sub>2</sub> on ethanol concentration and sugar consumption rate (SCR) in Apple wine process.— *Journal of the Chemical Society of Pakistan* **37** (03), 431-439.
- ESA: Eesti Statistikaamet 2019. www.stat.ee (26.09.2019).
- Fleet, G. H. (ed.), Heard, G. M. 1993. Yeasts: growth during fermentation.— *Wine microbiology and biotechnology*. Harwood Academic Publishers, Chur, 27-54.
- Gao, C., Fleet, G. H. 1988. The effects of temperatuure and pH on the ethanol tolerance of wines yeasts, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida Stellata* and *Kloeckera apiculata*.— *Journal of Applied Bacteriology* **65**, 405-409.
- Kodur, S. 2011. Effect of juice pH and potassium on juice and wine quality, and regulation of potassium in grapevines through rootstocks (*Vitis*): a short review.— *Vitis* **50** (1), 1-6.
- Lilly, M., Bauer, F. F., Styger, G., Lambrechts, M. G., Pretorius, I. S. 2006. The effect of increased branched-chain amino acid transaminase activity in yeast on the production of higher alcohols and on the flavour profiles of wine and distillates.— *FEMS Yeast Research* **6**, 726-743.
- Liu, X., Jia, B., Sun, X., Ai, J., Wang, L., Wang, C., Zhao, F., Zhan, J., Huang, W. 2015. Effect of initial pH on growth characteristics and fermentation properties of *Saccharomyces cerevisiae*.— *Journal of Food Science* **80**, 800-808.
- Lou, H., Niu, Y., Duan, C., Su, H., Yan, G. 2013. A pH Control strategy for increased β-carotene production during batch fermentation by recombinant industrial wine yeast.— *Process Biochemistry* **48**, 195-200.
- Lu, Y., Wen Voon, M. K., Huang, D., Lee, P.-R., Liu, S.-Q. Combined effects of fermentation temperature and pH on kinetic changes of chemical constituents of durian wine fermente with *Saccharomyces cerevisiae*.— *Applied Microbiology and Biotechnology* **101**, 3005-3014.
- Minich, D. M. 2019. A review of the science of colorful, plant-based food and practical strategies for „Eating the rainbow“.— *Journal of Nutrition and Metabolism* **2019**, 1-19.
- Morata, A., Gomes-Cordoves, M., Calderon *Applied Microbiology and Biotechnology*, F., Suarez, J. 2006. Effects of pH, temperatuure and SO<sub>2</sub> on the formation of pyranoanthocyanins during red wine fermentation with two species of *Saccharomyces*.— *International Journal of Food Microbiology* **106**, 123-129.
- Owusu, J., Ma, H., Wang, Z., Afoakwah, N. A., Zhou, C., Amissah, A. 2015. Effect of pH and temperatuure on antioxidant levels of tomato wine.— *Journal of Food Biochemistry* **39**, 91-100.
- Reddy, A., Norris, D. F., Momeni, S. S., Waldo, B., Ruby, J. D., 2016. The pH of beverages in the United States.— *Jada* **2016** (4), 255-263.

- Reynolds A. G., Knox, A., Di Profio, F. 2018. Evaluation of macerating pectinase enzyme activity under various temperatures, pH and ethanol regimes.– *Beverages* **4** (10), 1-14.
- Rühl, E. H., Fuda, A. P., Treeby, M. T. 1992. Effect of potassium, magnesium and nitrogen supply on grape berry composition of Riesling, Chardonnay and Cabernet Sauvignon vines.– *Australian Journal of Experimental Agriculture* **32**, 645-649.
- Samson, A., Singh, K., Singh, G. 2017. Optimum parameters for wine production from pomegranate fruit juice.– *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* **8** (11), 1000-1006.
- Schwalfenberg, G. K. 2012. The alkaline diet: is there evidence that an alkaline pH diet benefits health?– *Journal of Environmental and Public Health* **2012**, 1-7.
- Skrede, G., Martinsen, B. K., Wold, A.-B., Birkeland, S.-E., Aaby, K. 2012. Variation in quality parameters between and within 14 Nordic tree fruit and berry species.– *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* **62**, 193-208.

# Leheanalüüside ekspressmeetodi rakendamine aedmaasika ja kurgi näitel

Priit Põldma<sup>1</sup>, Tõnu Tõnutare<sup>2</sup>, Ulvi Moor<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi aianduse õppetool

<sup>2</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi mullateaduse õppetool

**Abstract.** Põldma, P., Tõnutare, T., Moor, U. 2020. Application of express method for performing leaf analysis of strawberry and cucumber – Agronomy 2020.

Nutrient needs of fast developing horticultural crops such as strawberry and cucumber are changing rapidly in accordance with the developmental stage of the plants. Nutrient availability depends on several factors and deficiencies might occur despite of the adequate fertilization. Leaf analysis is the most precise method for monitoring plant nutrient levels. Traditional leaf analysis methods are time-consuming and by the time growers get the results, the yield decrease might already have occurred. Novel energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) technique is based on photoelectric effect and should be suitable to detect total inorganic contents of plants, except elements lighter than Na, which have low fluorescent yield. However, for calibration, the results obtained by EDXRF must be compared to elemental concentrations determined by traditional methods. The aim of the current research was to correlate EDXRF spectral data to elemental concentrations determined by traditional methods in order to assess suitability of EDXRF for determination of some macro- and microelements in cucumber and strawberry leaves. 112 leaf samples were collected from strawberries and 69 from cucumbers from different plantations in Estonia during summer in 2019. Dried and homogenized samples were analysed for P, K, Ca, Mg, Zn, Mn and Fe contents. P and Mg were determined by using spectrometer, K and Ca by using flame photometer and Zn, Fe and Mn by atomic-emission spectrometer. In parallel, all samples were analysed by EDXRF. The results of the leaf analyses obtained by EDXRF were more precise for cucumber leaves compared to strawberry leaves. For cucumbers, strong correlation was found between EDXRF spectra and elemental concentrations measured by traditional methods for P, K, Ca, Mg, Mn and Fe ( $r > 0.86$ ). For strawberries, strong correlation was found for Mn ( $r=0.99$ ), Ca ( $r=0.94$ ), K ( $r=0.81$ ), Zn ( $r=0.80$ ) and P ( $r=0.77$ ). Medium correlation was found for Fe (0.56) and Mg (0.46).

**Keywords:** strawberry, cucumber, leaf analysis, EDXRF

## Sissejuhatus

Taimede toiteelementide vajadus sõltub taime arengufaasist ja kasvutingimustest ning on seetõttu pidevas muutumises. Eriti ruttu muutub toiteelementide vajadus kiire arenguga kultuuride puhul nagu aedmaasikas ja kurg. Ühekordselt viljuvatel (lühipäeva) maasikasortidel kulub avamaal vegetatiivsest kasvufaasist generatiivsesse (õitsemise) faasi üleminekuks vaid ligikaudu 30 päeva. Õitsemise faasis suureneb koheselt kaaliumi, boori ja tsingi vajadus. Maasikate puhul sõltub toiteelementide vajadus lisaks arengufaasile ka sordist (Daugaard, 2001). Taanis tehtud analüüside põhjal oli lämmastikuisaldus 'Elsanta' lehtedes alati kõrgem kui 'Honeye' lehtedes (Daugaard, 2007). Eestis tehtud maasika leheanalüüsides on olnud näha, et suure lehemassiga sortidel nagu 'Polka', 'Malwina' ja 'Sensation' tekib lämmastikudefitsiit kiiremini kui näiteks väikese lehemassiga sordil 'Asia' (Moor, avalda-

mata andmed). Maasikataimede eripäraks on ka nõrk juurekava: kerge lõimisega muldadel paikneb 80-90% juurtest kuni 30 cm sügavuses- ja raske lõimisega muldade puhul kuni 15 cm sügavuses mullakihi (Trejo-Tellez, Gomez-Merino, 2014). Seega pole taimed võimelised sügavamatest mullakihtidest toiteelemente omastama ja taimede toiteelementide vajadust tuleb pidevalt katta tilkkastmissüsteemi kaudu või lehe kaudu antavate väetistega. Kurk on toiteelementide defitsiidi või tasakaalustamatuse suhtes väga tundlik kultuur, reageerides viljade deformeerumise või kibedaks muutumisega (Eifediyi, Remison, 2010).

Leheanalüüs on parim võimalus hindamaks, missuguseid toiteelemente taim on omastanud ja missuguste osas esineb defitsiit. Taoline informatsioon võimaldab tootjal vältida saagikadusid, optimeerida väetiste koguseid ja säästa keskkonda. Eestis on hetkel probleemiks leheanalüüside teostamiseks kuluv liiga pikk aeg – tootja saab vastused kõige varem nädala, aga sageli alles kahe nädala pärast. Põhjus on osaliselt selles, et erinevaid elemente määratakse erinevate aparatuuridega, mis nõuavad ka proovide erinevat ettevalmistust. Traditsiooniliste määramismeetodite puhul tuleb kõigi elementide üldanalüüsiks kuivatatud proov viia lahusesse ehk mineraliseerida. Selleks keedetakse taimset materjali kontsentreeritud hapetes kuni täieliku lahustumiseni, milleks võib kuluda kuni kaks tundi, seejärel on vaja proovid toatemperatuurini maha jahutada. Ajamahukaks teeb analüüsi ka erinevate elementide määramine erinevate analüütiliste seadmetega, näiteks fosfor määratakse spektromeetriga ja kaalium ja kaltsium leekfotomeetriga.

Mitmetes riikides on püütud leida võimalusi leheanalüüside kiiremaks teostamiseks. Näiteks tegid Türgi teadlased katse, kus mõõtsid maasikalehtede värvust kolorimeetriga ja tegid korrelatsioonanalüüsi lehe veesisalduse ning mineraalelementide sisaldusega (Keskin et al., 2018). Nimetatud teadlased järeldasid, et lehtede N ja Ca sisaldust saab kolorimeetri näitude põhjal ennustada ( $R^2$  vastavalt 0,66 ja 0,70), teiste elementide sisaldusega olid seosed nõrgad.

Käesolevas uurimistöös katsetati mineraalelementide määramist taimede lehtedest EDXRF (ingl. k. *energy dispersive X-ray fluorescence* e energiadispersiivset röntgen-fluoressents) spektromeetriga. EDXRF tehnika aluseks on fotoelektriline efekt. Röntgenkiirguse neeldumisel aines lahkuvad osa aatomi sisemiste kihtide elektrone. Tagamaks aatomi stabiilsust, täidetakse need kohad väliskihide elektronidega. Kuna väliskihide elektronid on suurema energiaga kui sisemiste kihtide elektronid, siis energia vahe kiirgub kindla energiaga röntgenkiirguse footonina. Seetõttu on igal elemendil talle iseloomulik röntgenfluorestsents kiirgus. Eralduva röntgenkiirguse järgi on võimalik kindlaks teha kõik aines olevad elemendid alates naatriumist. Kiirguse intensiivsuse põhjal saab määrata ka elementide sisalduse uuritavas aines. Nimetatud seade võimaldab kuivatatud ja jahvatatud taimelehtedest teoreetiliselt määrata enamikku taimedele vajalikke makro- ja mikroelemente, välja arvatud väikese molekulmassiga elemente nagu lämmastik ja boor, mille aatomite poolt emitteeritav kiirgus on nõrk. EDXRF seadmete eeliseks on nende suhteline lihtsus ja kompaktsus ning sellest tulenev madalam hind võrreldes teiste röntgenspektromeetritega.

Selleks, et EDXRF meetodil saadud tulemuste usaldusväärsust kontrollida, tuleb koostada andmebaas referentsanalüüside alusel, kus elemendile iseloomuliku röntgenkiirguse intensiivsusele vastab selle elemendi traditsioonilisel teel saadud sisaldus.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli hinnata EDXRF spektromeetri röntgenkiirguse intensiivsusanalüüs ja traditsioonilistel meetoditel määratud mineraalelementide sisalduste vahelisi seoseid ja tulemuste hajuvust ning seeläbi EDXRF spektromeetri sobivust kurgi- ja maasikalehtede makro- ja mikroelementide sisalduse määramiseks.

### Katseteetodika

2019. aastal koguti maasikataimede õitsemise ajal Eesti erinevatest piirkondadest mai lõpus teise ja kolmanda saagiaasta ja juuni lõpus esimese aasta maasikaistandikest kokku 112 leheproovi. Üks proov koosnes kolmekümnest täielikult väljaarenenud maasikalehest, mis koguti sordi piires ühe istandiku erinevatelt taimedelt. Lehed lõigati ilma lehevarreta. Sortidest olid istandikes kõige enam esindatud 'Sonata' ja 'Polka' ning nende järel 'Asia' ja 'Sonsation'. Üksikud proovid võeti ka sortidelt 'Rumba', 'Elianny', 'Roxana', 'Allegro' ja 'Malwina'.

Kurgi leheproovid koguti 2019. aasta kasvuperioodil nii kasvuhoones kui ka avamaal kasvatatud kurgitaimedelt, kokku 69 leheproovi. Üks proov koosnes kahekümnest täielikult väljaarenenud kurgilehest koos lehevarrega (võrse tipust 4–5 leht), mis koguti sordi piires erinevatelt taimedelt. Sortidest olid kõige enam esindatud lühiviljalise kurgi sordid 'Dolomit' ja 'Alpaka' ning nende järel 'Dirigent', 'Schubert', 'Monolit' ja 'Lehar'. Kasvuhoones kasvatatavast pikaviljaliselt kurgilt võeti proovid ka sortidelt 'Petrifin', 'Carambole', 'Topspin' ja 'Winmar'.

Lehed kuivatati sundventilatsiooniga kuivatuskapis 60°C juures ja jahvatati veskiga Cemotec (Tecator). Jahvatatud proovide mineraliseerimisel (happega keetmisel) saadud lahust kasutati makro- ja mikroelementide üldsisalduse määramiseks. P ja Mg määrati spektromeetriselt kasutades seadet FIAStar (Tecator) ning K ja Ca leekfotomeetriselt (Sherwood) EMÜ Taimebiokeemia laboris. Zn, Fe ja Mn üldsisaldused lehtedes määrati aatomemissioonspektromeetriga MP4100 (Agilent). Paralleelselt määrati nimetatud elemendid samadest jahvatatud leheproovidest ka EDXRF spektromeetriga NEXQC+ (Rigaku).

Traditsioonilisel meetodil määratud ja EDXRF röntgenspektromeetri spetsiifilise röntgenkiirguse intensiivsuspameetrite vahelise seose tugevust hinnati lineaarse korrelatsioonanalüüsi abil. Seejärel hinnati lineaarse regressioonanalüüsi mudeli abil ekspressmeetodil määratud intensiivsuspameetrite hajuvust võrreldes traditsioonilisel meetodil määratud mineraalelementide sisaldusega ning arvutati regressioonivõrrandi kaudu prognoositav mineraalelementide sisaldus.

## Tulemused ja arutelu

### Maasikalehtede mineraalelementide sisaldus ja traditsioonilise ning ekspressmeetodi mõõtmistulemuste erinevused

Makroelementidest olid kõige tugevamad seosed EDXRF (edaspidi ekspressmeetodil) ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisalduste vahel kaltsiumi ja kaaliumi puhul (tabel 1). Kui lähtuda tootjale antavast nõuandest (sisaldus on piisav, madal või liiga kõrge), siis kaaliumi puhul oleks 86% juhtudest soovitus tootjale olnud sama nii ekspressmeetodil kui traditsioonilisel meetodil mõõdetud tulemuste puhul. Kaalium on maasika saagi tagamisel lämmastiku järel tähtsusest teine toiteelement. Lisaks vilja massile mõjutab kaalium ka süsivesikute moodustumist. Piisava kaaliumiga varustatuse korral on maasika viljad magusamad, kaaliumidefitsiidi korral muutuvad viljad hapumaks (Vago et al. 2009). Kaaliumipuudus on maasikataimede puhul sageli esinev probleem. Näiteks 2012. a varieerus kaaliumisisaldus Eestist neljast erinevast istandikust kogutud 'Sonata' lehtedes vahemikus 1,257–1,494% (Moor et al. 2013). Seega oli maasikataimedel kõikides istandikes kaaliumidefitsiit. Antud katses varieerus kaaliumisisaldus maasikalehtedes vahemikus 0,611–2,247%. Kui lähtuda 2019. a ekspressmeetodil mõõdetud kaaliumisisaldustest, oli kaaliumidefitsiit 35% proovides.

Antud katses oleks kaltsiumi puhul väetamissoovitus tootjale 98% juhtudest sama nii ekspressmeetodil kui traditsioonilisel meetodil mõõdetud tulemuste puhul. Kaltsium muudab rakud tugevamaks ja mõjutab seeläbi nii taimede vastupanuvõimet seenhaigustele kui ka viljade säilivust (Easterwood, 2002). Kuna kaltsium liigub taimedes halvasti, antakse seda sageli lehe kaudu. Seetõttu on korraga antavad väetisekogused väikesed ja tootjal on vaja kiiret infot, kas leheväetis on mõjunud või on vaja seda veel mõned korrad juurde anda.

Maasikalehtede fosforisisalduse andmed olid suurema hajuvusega (joonis 1) ja seos ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil määratud tulemuste vahel ei olnud nii tugev kui eelpoolmainitud elementide puhul. Fosfor on taimedes peamiste energiarikaste ühendite koostises ja seetõttu on selle kättesaadavus igas arengufaasis oluline. Samas on fosforipuudus maasikaistandikes harva esinev nähtus. Ka antud katses esines fosforidefitsiit vaid ühes proovis. Fosforiliig esines traditsioonilisel meetodil määratud proovides kuues proovis, ekspressmeetodi puhul kolmes proovis. Väetamissoovitus tootjale oleks siiski olnud 100% sama, sest nii kerge fosforiliig kui ka fosforisisaldus, mis jääb soovitusliku vahemiku ülempiirile tähendab seda, et tootjal ei ole vaja fosforit taimele väetistega juurde anda.

Magneesiumisisalduse määramine ekspressmeetodil osutus makroelementidest kõige problemaatilisemaks. Erinevused võrreldes traditsioonilisel meetodil saadud tulemustega olid kohati üsna suured. Väetussoovitused tootjale oleksid olnud samad 79% juhtudest. Kuna magneesium on klorofüllü koostises kesksel kohal ja klorofüll on otseselt seotud fotosünteesiga, millel omakorda baseerub kogu orgaanilise aine tootmine, siis on magneesium taimede normaalse arengu ja saagi tagamisel väga oluline (Trejo-Tellez, Gomez-Merino, 2014). Katses, kus hüdropoonikas kasvatatud maasikate toitelahusest jäeti välja magneesium, oli taime maapealse osa mass kolm

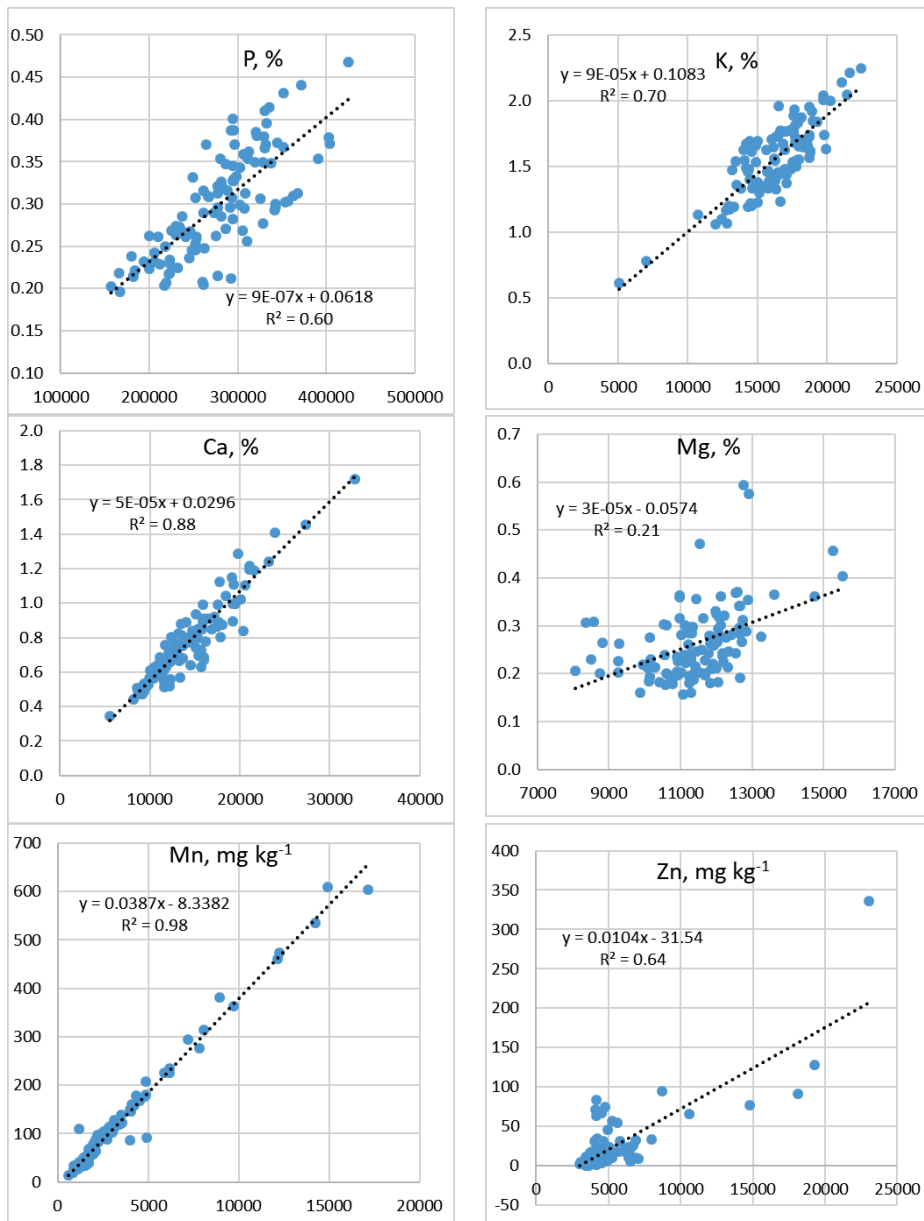
korda väiksem kui kõiki toiteelemente sisaldava väetiselahuse puhul (Barreto et al. 2017). Käesolevas katses näitasid nii traditsioonilisel- kui ekspresmeetodil mõõdetud tulemused enamikus maasika leheproovides magneesiumidefitsiiti. Magneesiumipuudus on ka mujal maailmas maasikaistandikes üsna tavaline (Trejo-Tellez, Gomez-Merino, 2014). Magneesiumipuudust on lihtne likvideerida magneesiumsulfaadi lehekaudse andmisega, kuid nagu eelnevalt mainitud kaltsiumi puhul, oleks oluline tulemust leheanalüüsi abil kontrollida.

Mikroelementidest olid tugevad seosed ekspresmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud sisalduste vahel mangaani ja tsingi puhul ning nõrgem seos raua puhul (tabel 1). Väetussuovitused tootjale kattuksid ekspresmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud tulemuste kohta mangaani puhul 93% juhtudest, tsingi puhul 72% juhtudest ja raua puhul 61% juhtudest. Maasikalehtede mikroelementide sisalduse andmeid ei ole varem Eestis publitseeritud ja nende mõju saagile või taimede kasvule pole Eestis hinnatud. Brasiilias läbi viidud uuringust selgus, et kui maasikataimede toitelahusest eemaldada tsink, mangaan või raud, jäi taime maaepalse osa mass samaks, kuid risoomide mass jäi raua- ja tsingipuuduse korral oluliselt väiksemaks (Barreto et al. 2017). Lehekaudne tsingiga väetamine on avaldanud positiivset mõju maasikate õisikuvarte arvule ja saagile (Abdollahi et al. 2012). Samas on mõned näited ka selle kohta, et mikroelementide liig on maasika saaki vähendanud. Almaliotis et al. (2002) leidsid, et kui maasikalehtede mangaanisaldus oli üle 121 mg kg<sup>-1</sup> ja rauasisaldus üle 114 mg kg<sup>-1</sup>, hakkas maasikate saak vähenema. Käesolevas katses esines traditsioonilisel meetodil mõõdetud proovides 72% tsingipuudus, 25% rauapuudus ja 22% mangaanipuudus. Tsingiliig oli 13% proovides, raualiig 15% ja mangaaniliig 24% proovides.

**Tabel 1.** Maasikalehtede mineraalelementide miinimum- ja maksimumsisaldused mõõdetuna traditsioonilisel meetodil ning EDXRF analüüsil saadud tulemuse maksimaalne erinevus traditsioonilise analüüsi tulemusest võrrelduna soovituslike sisaldustega maasikalehtedes. \*Soovituslik sisaldus P, K, Ca ja Mg (Bergmann et al. 1983); Fe, Mn (Almaliotis et al. 2002); Zn (Pritts, Handley 1998)

Element, ühik	Min. sis.	Maks. sis.	Keskm sis.	Tradits. ja EDXRF meetodi maks. erinevus	Soovituslik vahemik*	Korrektatsioonikordaja, r	Determinatsioonikordaja, R <sup>2</sup>
P, %	0,196	0,468	0,298	0,098	0,2–0,4	0,77	0,60
K, %	0,611	2,247	1,560	0,382	1,5–2,5	0,81	0,70
Ca, %	0,344	1,721	0,782	0,254	0,8–1,5	0,94	0,88
Mg, %	0,157	0,594	0,263	0,293	0,3–0,6	0,46	0,21
Zn, mg kg <sup>-1</sup>	0,124	336	23	128	20–50	0,80	0,64
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	37	321	86	123	58–114	0,56	0,49
Mn, mg kg <sup>-1</sup>	14	610	115	89	45–121	0,99	0,98





**Joonis 1.** Maasikalehtede fosfori, kaaliumi, kaltsiumi, magneesiumi, mangaani ja tsingi sisalduse hajuvusdiagrammid EDXRF röntgenspektromeetriga määratud elementide spetsiifilise kiirguse intensiivsusega

### Kurgilehtede mineraalelementide sisaldus ja traditsioonilise ning ekspressmeetodi mõõtmistulemuste erinevused

Korrelatsioonanalüüsi tulemina oli ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud mineraalelementide sisalduste vahel tugev positiivne seos fosfori, kaaliumi, kaltsiumi, magneesiumi, mangaani ja raua puhul ning keskmise tugevusega



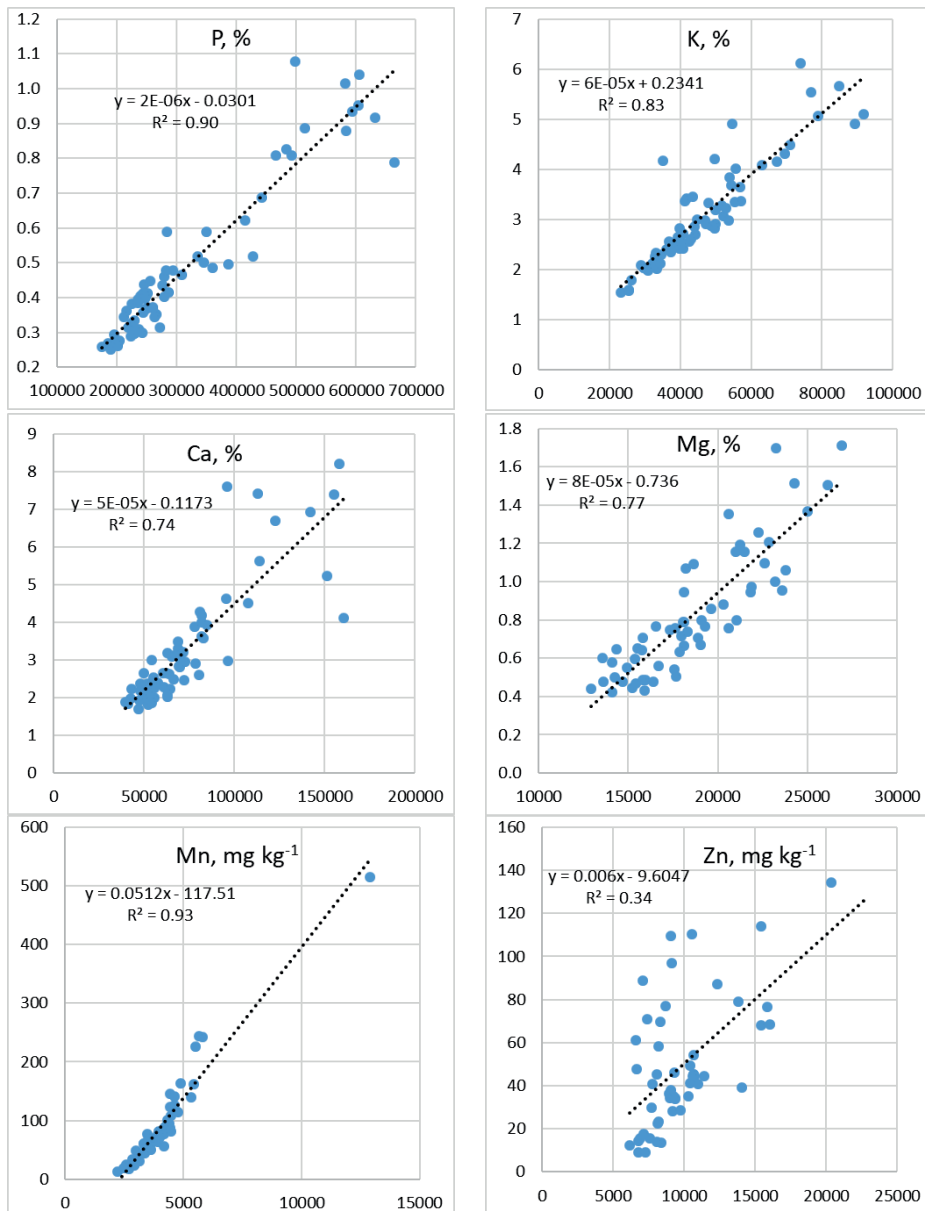
seos tsingi puhul (tabel 2). Fosfor mõjutab oluliselt kurgi juurte kasvukiirust. Trimble ja Knowles (1995) poolt läbi viidud uuringust selgus, et kurgi juured kasvasid kõrge fosfori fooni korral ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ) 84% kiiremini kui madala fosfori fooni korral ( $4 \text{ mg L}^{-1}$ ). Sarnaselt maasikaga on ka kurk kaaliuminõudlik kultuur. Kui hüdropoonikas kasvanud kurkidel jäeti toitelahusest välja kaalium, tekkis kurgilehtedel juba üheksa päeva pärast nekroos ehk kudede suremine (Carmona et al. 2015). Kurgi viljad on veerikkad ja piisav kaaliumiga varustatus parandab taimede veega varustatust (Balint et al. 2017). Kaltsium on taimedele vajalik kõikides arengufaasides. Kurkide puhul põhjustab kaltsiumipuudus sõlmevahede lühenemist ja õite varisemist. Tugeva kaltsiumipuuduse korral muutuvad viljad väikeseks, ribiliseks ja maitsetuks (Ward, 1973). Kuna kurk on suure lehemassiga kultuur, on magneesium kurgi kasvus ja arengus olulisel kohal. Magneesiumipuudus tekitab taimes kiiresti stressi, mille tulemuseks on reaktiivsete hapnikuühendite teke. Reaktiivsed hapnikuühendid põhjustavad tugevat oksüdatiivset stressi, mille tagajärjeks on lehtede kloroos ehk roodudevahliste kollakate alade teke (Verbruggen, Hermans, 2013). Magneesiumipuudus avaldub kurgitaimedel kiiresti. Kui hüdropoonikas kasvanud kurkidel jäeti toitelahusest magneesium välja, tekkis kloroos täiskasvanud lehtedel juba viie päeva pärast (Carmona et al. 2015). Lähtudes tootjale antavast nõuandest, oleks fosfori puhul väetussuovituste kokkulangevus mõlema meetodi võrdluses olnud 93%, kaaliumi puhul 88% ja kaltsiumi puhul 96%. Magneesiumi puhul oleks tootjale antav soovitus ekspressmeetodi tulemuste põhjal olnud 90% sama; seega oli tulemus kurgilehtede puhul oluliselt parem kui maasikalehtede puhul.

**Tabel 2.** Kurgilehtede mineraalelementide miinimum- ja maksimumsisaldused mõõdetuna traditsioonilisel meetodil ning EDXRF analüüsil saadud tulemuse maksimaalne erinevus traditsioonilise analüüsi tulemusest võrrelduna soovituslike sisaldustega kurgilehtedes (\*Hochmuth et al. 2012)

Element, ühik	Min. sis.	Maks. sis.	Keskm sis.	Tradits. ja EDXRF meetodi maks. erinevus	Soovituslik vahemik*	Korrektioonikordaja, r	Determinatsioonikordaja, $R^2$
P, %	0,251	1,077	0,477	0,294	0,3–0,6	0,95	0,90
K, %	1,543	6,112	3,06	1,782	1,6–3,0	0,91	0,83
Ca, %	1,710	8,208	3,237	3,318	1,3–3,5	0,86	0,74
Mg, %	0,421	1,709	0,832	0,486	0,3–0,6	0,88	0,77
Zn, $\text{mg kg}^{-1}$	9,0	134	49,0	56,7	20–50	0,59	0,34
Fe, $\text{mg kg}^{-1}$	52	666	257	147	40–100	0,89	0,80
Mn, $\text{mg kg}^{-1}$	12,8	515	83,8	71,4	30–100	0,96	0,93

Mikroelementidest oleks raua puhul väetussuovitus tootjale olnud 98% juhtudest sama ning mangaani puhul 96% juhtudest sama. Kõige suurem erinevus ekspressmeetodil ja traditsioonilisel meetodil mõõdetud tulemuste järgsel soovitusel

oleks tsingi puhul – tootjaile antav soovitus oleks vaid 65% juhtudest olud sama. Tsingi puhul esinenud andmete lahknevust kinnitab ka regressioonanalüüsi madal determinatsioonikordaja (tabel 2, joonis 2).



**Joonis 2.** Kurgilehtede fosfori, kaaliumi, kaltsiumi, magneesiumi, mangaani ja tsingi sisalduse hajuvusdiagrammid EDXRF röntgenspektromeetriga määratud elementide spetsiifilise kiirguse intensiivsusega

## Kokkuvõte

Ühe aasta tulemuste põhjal võib väita, et antud hetkel saaks ekspressanalüüsi piisava usaldusväärsusega kasutada kurgilehtede fosfori, kaaliumi, kaltsiumi, magneesiumi, mangaani ja raua määramiseks ning maasikalehtede fosfori, kaaliumi, kaltsiumi, mangaani ja tsiingi määramiseks. Kindlasti oleks maasikakasvatajate jaoks oluline võimalus määrata usaldusväärselt ka magneesiumit ja rauda ning kurgikasvatajate jaoks võiks paraneda tsiingi määramise usaldusväärsus. 2020. aasta suvel jätkatakse leheproovide kogumise ja andmebaasi täiendamisega.

## Tänuavaldused

Uurimistöö viidi läbi aianduse innovatsiooniklastri projekti „Leheanalüüside ekspressmeetodi väljatöötamine aianduskultuuridele“ raames. Projekti rahastas Eesti maaelu arengukava 2014-2020 raames Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond.

## Kasutatud kirjandus

- Abdollahi, M., Eshghi, S., Tafazzoli, E., Moosavi, N. 2012. Effects of paclobutrazol, boric acid and zinc sulfate on vegetative and reproductive growth of strawberry cv. Selva. – *Journal of Agricultural Science and Technology* **14** (2), 357–363.
- Almaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S., Karapetsas, N. 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. – *Acta Horticulturae* **567**, 447–450.
- Balint, J., Ershad, T., Merle, T., Mehmet, S., Klaus, D. 2017. Quantitative limitations to photosynthesis in K deficient sunflower and their implications on water-use efficiency. – *Journal of Plant Physiology* **209**, 20–30.
- Barreto, C.F., da Silva, P.S., Navroski, R., Benati, J.A., Nava, G., Antunes, L.E.C. 2017. Deficiência de nutrientes com efeitos no desenvolvimento de morangueiros. – *Revista Scientia Agraria* **18** (4), 63–71.
- Bergmann, W. 1983. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Carmona, V.V., Costa, L. C., Cecilio Filho, A.B. 2015. Symptoms of nutrient deficiencies on cucumbers. – *International Journal of Plant & Soil Science* **8** (6), 1–11.
- Daugaard, H. 2001. Nutritional status of strawberry cultivars in organic production. – *Journal of Plant Nutrition* **24**, 1337–1346.
- Daugaard, H. 2007. Leaf analysis in strawberries: effects of cultivar, plant age, and sampling time on nutrient levels. – *Journal of Plant Nutrition* **30**, 549–556.
- Easterwood, G.W. 2002. Calcium's role in plant Nutrition. – *Fluid Journal* winter 2002, 1–3. <http://www.fluidfertilizer.com/pastart/pdf/36p16-19.pdf>.
- Eifediyi, E.K., Remison, S.U. 2010. Growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizer. – *Journal of Plant Breeding and Crop Science* **2** (7), 216–220.
- Hochmuth, G., Maynard, D., Vavrina, C., Hanlon, E., Simonne, E. 2012. Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/ep081> (19.12.2019).
- Keskin, M., Sekerli, Y.E., Gunduz, K. 2018. Influence of leaf water content on the prediction of nutrient stress in strawberry leaves using chromameter. – *International Journal of Agriculture & Biology* **20**, 2103–2109.

- Moor, U., Põldma, P., Tõnutare, T. 2013. Eestis kasvatatud aedmaasika (*Fragaria x ananassa*) 'Sonata' viljade kvaliteet ja säilivus. – *Agronomia* **2013**, 156–163.
- Pritts, M., Handley, D. 1998. Strawberry production guide for the Northeast, Midwest, and Eastern Canada. Ithaca, New York: Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES), 162 pp.
- Trejo-Tellez, L.I., Gomez-Merino, F.C. 2014. Ptk.11 Nutrient management in strawberry: effects on yield, quality and plant health. Raamatus: Strawberry. Toimetaja. N. Malone. Nova Science Publishers.
- Trimble, M. R., Knowles, N. R. 1995. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth, carbohydrate partitioning and mineral nutrition of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants during establishment. – *Canadian Journal of Plant Science* **75**, 239–250.
- Vago, I., Tolner, L., Loch, L. 2009. Effect of chloride anionic stress on the yield amount and some quality parameters of strawberry (*Fragaria x ananassa*). VIII Alps-Adria Scientific Workshop **37**, 1–4.
- Verbruggen, N., Hermans, C. 2013. Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. – *Plant Soil* **368**, 87–99.
- Ward, G.M. 1973. Calcium deficiency symptoms in greenhouse cucumbers. – *Canadian Journal of Plant Science* **53**, 849–856.

## Siidri valmistamiseks sobivad õunasordid

Reelika Rätsep<sup>1,2</sup>, Kristine Volens<sup>1</sup>, Karmo Haas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Polli Aiandusuuringute keskus

<sup>2</sup> Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini- ja loomakasvatuse instituudi toidu- ja kõrvalsaaduste väärdamise tehnoloogiate ERA õppetool (VALORTECH)

<sup>3</sup> Tori Siidritalu

**Abstract.** Rätsep, R., Volens, K., Haas, K. 2020. Apple cultivars suitable for cider production. – Agronomy 2020.

Apples are one of the most popular fruits in Estonia, grown mainly for fresh consumption, but for making juices, jams and fermented beverages as well. Still, the selection of cultivars and fruit quality differ according to the product to be made. For cider production, the optimal content of soluble solids is 11–15°Brix, organic acids (mainly malic acid) >0.45% and condensed tannins >0.2%. The main aim of the study was to evaluate different apple cultivars for producing fermented beverages based on the biochemical constituents that affect the quality of the taste and aroma properties. In average of three years (2016–2018) 11 apple cultivars were selected based on their content of important biochemical compounds in fruits. The cultivars were crab apples 'Hyslop', 'Kerr', 'Quercher Beauty'; autumn cultivars 'Nitscheneri maasikõun', 'Sügisjoonik'; winter cultivars 'Cortland', 'Karksi renett', 'Katre', 'Lobo', 'Talvenauding' and '73-15-155'. This study presents the preliminary results and novel approach towards the better valorization of apple cultivars grown in Estonia.

**Keywords:** apple aroma, soluble solids, malic acid, tannins

### Sissejuhatus

Eestis on õunad puuviljakultuuridest populaarseimad ja neid tarbitakse nii värselt kui kasutatakse ka toorainena mooside, mahlade ja kääritatud jookide (veini, siidri) valmistamiseks. Samas sortide valik ja nende kvaliteedinõuded ei ole erinevate toodete jaoks ühesugused. Käesoleval ajal on jookide, sh siidri tootmine hoogustunud, mistõttu on suurenenud huvi erinevate õunasortide vastu – eriti ollakse huvitatud isikupärasest maitsest ja joogi partiide ühtlasest kvaliteedist.

Üldiselt on peetud siidri valmistamiseks sobivamaks pigem sügis- ja taliõuna sorte eelkõige nende kõrgema hapete ja tanniinide ning madalama suhkrutesisalduse tõttu. Orgaanilised happed ja pH mõjutavad siidri stabiilsust, suhkrute sisaldus lõpptootes alkoholisisaldust ning suhkrute ja hapete suhe mõjutab oluliselt maitseomadusi ja aromaatsust (Symoneaux et al., 2014; Merwin et al., 2008; Petkovsek et al., 2007; Del Campo et al., 2006). Olulisim polüfenoolsete ühendite rühm siidrite valmistamisel on tanniinid (protsüanidiinid), mis vastutavad siidri puhul nii aroomi, värvuse kui ka maitse (mõru, kootav) eest (Girschik et al., 2017; Laaksonen et al., 2017; Symoneaux et al., 2014; Merwin et al., 2008). Katsetatud on ka suveõuntest siidri valmistamist, koristades need enne täielikku tarbimisküpsust, et tagada piisav polüfenoolsete ühendite ja hapete sisaldus (Girschik et al., 2017). Poolküpsed õunu, mis sisaldavad rohkem polüfenoolseid, sh siidri jaoks olulisi tanniine, on võimalik kasutada segudes teiste õunasortide mahlaga, et saada sobiva maitse- ja aroomiüanssidega jook (Laaksonen et al., 2017). Teaduskirjanduse andmetel sõltub

tanniinide sisaldus õuntes sordist ja võib suures ulatuses varieeruda (Symoneaux et al., 2014), mistõttu on sobiva sordi valik kvaliteetse siidri valmistamise üks alustalasid. Traditsiooniliselt liigitatakse siidreid lähtuvalt hapete ja polüfenoolsete ühendite sisaldusest nelja tehnoloogilisse gruppi: (a) mõru-hapu, (b) mõru-magus, (c) magus ja (d) hapu (Barker, Burroughs 1953). Seetõttu on oluline hinnata tehnoloogilisi parameetreid koos, sest ükski neist eraldiseisvana ei anna adekvaatset infot sordi tehnoloogilise küpsuse ehk siidri valmistamiseks sobivuse kohta (Del Campo et al., 2006). Väikeseviljalisi õunasorte on kasutatud pigem tööstuses ehk mahla, kompoti ja salati valmistamiseks, tihti peale aga lihtsalt puu või viljade dekoratiivsuse pärast ning seetõttu jäänud tagaplaanile. Käesoleval ajal on hakatud uurima ja hindama ka vanu õunasorte, mille biokeemiline koostis on tihti mitmekesisem kui tänapäevase aretustöö tulemusel saadud sortide viljades (Jakobek et al., 2013). Õunasortide hindamine ja siidri valmistamiseks eesmärgipärased biokeemilise koostise analüüsid aitavad joogitootjatel välja valida sobivamaid õunasorte, et saavutada maksimaalne toote kvaliteet (Girschik et al., 2017).

Käesoleva uuringu eesmärgiks oli hinnata õunasortide sobivust siidri valmistamiseks lähtuvalt õunte biokeemiliste ühendite sisaldusest, mis mõjutavad enim valmivate toodete maitse- ja aroomiomadusi ning kvaliteeti.

## Materjal ja meetodika

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Polli Aiandusuuringute keskuse kollektsioonaedades korjati aastatel 2016-2018 analüüsideks järgnevad aed-õunapuu sortide viljad – väikeseviljalistest 'Hyslop', 'Kerr', 'Quercher Beauty'; sügisortidest 'Nitscheneri maasikõun', 'Sügisjoonik'; talisortidest 'Cortland', 'Karksi renett', 'Katre', 'Lobo', 'Talvenauding' ja '73-15-155'. Esmasteks valiku kriteeriumiteks olid õunasortide kättesaadavus (tootja mõistes; nt. koduaedades kasvavad vanemad sordid), uued potentsiaalsed sordid ja väikeseviljalised õunasordid (eelduste kohaselt sobilikud siidri valmistamiseks). Analüüsideks koguti igast sordist 10-12 vilja ning väikeseviljalistest 15-20 vilja. Korjed ajastati vastavalt sortide koristusküpseks saamisele ning viljad analüüsiti vastavalt nende tarbimisküpsuse saavutamisele ajavahemikes oktoober/november ja detsember/jaanuar.

Õunu säilitati kuni analüüsideni Polli Aiandusuuringute Keskuse puuviljahoidlas kontrollitud atmosfääri tingimustes (temp. ca.+4 kraadi). Biokeemilised analüüsid tehti kahes kuni kolmes korduses. Viljade rakumahla kuivaine sisaldus (°Brix) määrati ABBE digitaalse refraktomeetriga (Comecta, S.A, Hispaania). Tiitritavate hapete sisaldus (näitab hinnangulist orgaaniliste hapete sisaldust) määrati 0.1N NaOH-ga tiitrimisel arvutatuna õunhappele (m%) kasutades automaat-titraatorit Titrando 905 (Metrohm, Šveits). Tanniinide üldsisaldus määrati metüülsellulosega sadestamise meetodil (Sarnecis et al., 2006), tulemused väljendati epikatehiini ekvivalentides (mg/l) märgkaalu kohta. Andmete statistiliseks töötlemiseks kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi programmis MS Excel 2013 lisafunktsiooniga XL Toolbox NG (Daniel Kraus, Würzburg, Saksamaa).

Katseaastatel tehti fenoloogilisi vaatlusi, mis hõlmasid ka ilmastikuolude jälgimist ja Eesti keskmisega võrdlemist.

**Tabel 1.** Ilma ülevaade katse-aastatel (Riigi Ilmateenistus, 2016, 2017, 2018)

Parameeter	Eesti keskmine (norm)	Eesti keskmine aastati		
		2016. a	2017. a	2018. a
õhutemperatuur (°C)	6,0	6,7	6,5	7,1
sajusumma (mm)	672	696	708	508
päikesepaistelised tunnid (h)	1765,8	1828,7	1759	2069,8

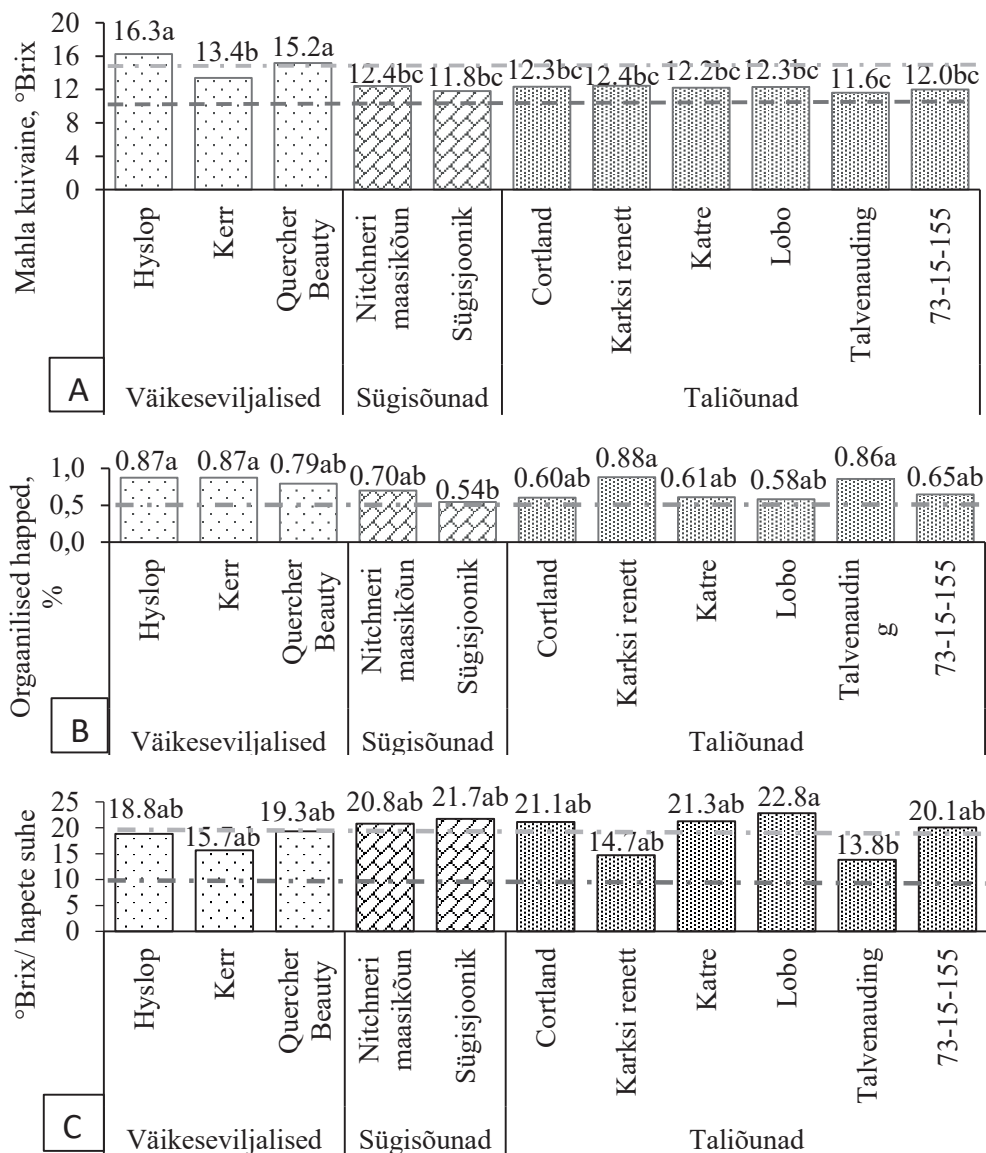
2016.a oli ilm Eesti keskmisest veidi soojem, sajusem ja päikesepaistelisem (tabel 1) (Riigi Ilmateenistus, 2016). Kuigi suvine ilm vaheldus suuresti – liigsest kuivusest tugevate vihmahoogudeni, oli saagi kvaliteet siiski hea. 2017.a oli Eesti keskmisest pisut soojem ja sajusem, päikesepaistet oli normist veidi vähem (tabel 1) (Riigi Ilmateenistus, 2017). Suvi oli jahedam ja sajusem võrreldes 2016. aastaga. Kuiv periood saagi moodustamise ajal ja jahedad ning sajused ilmad suvel, mõjutasid nii saagi suurust kui ka kvaliteeti (Polli õunaaedade vaatlusandmed katse-aastatel). Saak jäi kollektsoonides keskpäraseks ning esines palju kärntõve kahjustust. 2018.a oli Eesti keskmist soojem ja päikesepaistelisem, sademeid oli eriliselt vähe (tabel 1) (Riigi Ilmateenistus, 2018). Siiski ei erinenud 2018.a õunasaak oluliselt 2017.a jaheda ja niiske ilmaga saadud saagist (Polli õunaaedade vaatlusandmed katse-aastatel). Küll aga jäid mitmete sortide viljad tavapärasest väiksemaks ning ei saavutanud sordile iseloomulikke tunnuseid nt. värvust. Samuti oli viljade kvaliteet ja küpsemine ebaühtlased.

### Tulemused ja arutelu

Valitud õunasortide viljade mahlas lahustunud kuivainesisaldus varieerus kolme katse-aasta (2016–2018) keskmisena vahemikus 11,6–16,3°Brix (joonis 1 A). Kirjanduse andmetel on siidri valmistamiseks optimaalne mahla kuivainesisaldus vahemikus 11–15 °Brix (Merwin et al., 2008). Enamik katses analüüsitud õuntest jäi soovituslikku vahemikku, välja arvatud väikeseviljalised ‘Quercher Beauty’ (15,2°Brix) ja ‘Hyslop’ (16,3°Brix), mis olid ka statistiliselt oluliselt erinevad ülejäänud katses olnud sortidest. Mahla kuivainesisaldus oli madalaim sordi ‘Talvenauding’ (11,6°Brix) ja kõrgeim sordi ‘Hyslop’ viljades. Optimaalsest madalam või oluliselt kõrgem °Brix väärtus mõjutab oluliselt käärimisprotsessi kulgemist (Merwin et al., 2008). Kõrge suhkrusisaldus tagab siidri valmistamiseks piisava alkoholisalduse ja võimaluse lõpetada kääritamine varem, et toota loodusliku jääksuhkruga poolkuiva siidrit. Madala suhkrusisalduse korral ei saavutata siidri jaoks piisavat alkoholisaldust.

Orgaaniliste hapete sisaldus 11 õunasordi viljades varieerus vahemikus 0,54–0,88% (joonis 1 B). Hapeterikkamad sordid olid väikeseviljalistest ‘Hyslop’ (0,87%) ja ‘Kerr’ (0,87%) ning talisortidest ‘Karksi renett’ (0,88%) ja ‘Talvenauding’ (0,86%). Happeid oli vähem sügisõuntest sordi ‘Sügisjoonik’ viljades (0,54%), mis oli statistiliselt oluliselt erinev eeltoodud neljast õunasordist, kuid sarnane ülejäänud analüüsitud sortidega. Kirjanduse andmetel on siidri valmistamiseks optimaalne orgaaniliste

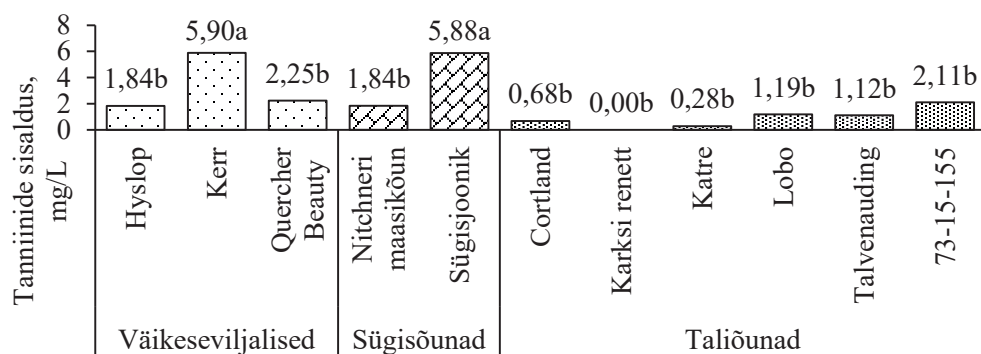
hapete (õunhappe) sisaldus üle 0,45% (Merwin et al., 2008). Hapete sisaldus muutub vastavalt õunte küpsusastmele, vähenedes üleküpsenud viljades (Zhang et al., 2010; Del Campo et al., 2006). Käesolevas katses saavutasid kõik analüüsitud õunad soovitusliku happesisalduse, sest katsesse valitud sortidele on omane kõrgem hapete sisaldus.



**Joonis 1.** (A) Mahlas lahustunud kuivaine (°Brix), (B) orgaaniliste hapete sisaldus ja (C) mahlas lahustunud kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe õuntes (2016.-2018.a keskmisena). Horisontaalsed katkendjooned tähistavad siidri valmistamiseks soovituslikke vahemikke (Merwin et al., 2008 järgi). Erinevad tähed tulpadel väljendavad variantide vahelist usutavat erinevust ( $P \leq 0.05$ ).



Mahlas lahustunud kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe võimaldab hinnata viljade magus-hapusust ja maitse meeldivust (Petkovsek et al., 2007). Kirjanduse andmetel on soovituslik °Brix ja hapete suhe vahemikus 10-20 ühikut (Krasnova et al., 2013). Käesolevas katses oli nimetatud suhtarv vahemikus 13,8–22,8 ühikut (joonis 1 C), mis peaks olema siidri valmistamiseks sobilik. Näiteks kui vaadata suhkrute ja hapete näitajaid eraldi, võiks ainult °Brix näitaja puhul arvata, et väikeseviljalised sordid ‘Hyslop’ ja ‘Quercher Beauty’ on siidri valmistamiseks liialt magusad. Katseaastatel oli viljade valmimine ebaühtlane, eriti 2017. aastal, kui oli jahe ja vihmane suvi (tabel 1), mis soodustas kärntõve levikut. Kärntõve levik tekitas taimes nn. stressireaktsiooni, mis tõstis viljade suhkrusisaldust. Samuti olid antud sortide viljad analüüsimise ajaks pisut üleküpsenud, mistõttu oli neis suhkrute tase seoses vilja vananemisprotsessidega tõusnud ja hapete sisaldus langenud. Näiteks sordi ‘Sügisjoonik’ puhul saab välja tuua, et analüüsimise ajaks olid viljad pisut üleküpsenud ja kuna ‘Sügisjoonik’ ka sordiomaselt pisut magusama alatooniga, siis oli suhkrute ja hapete suhe optimaalsest mõnevõrra kõrgem. Sortide ‘Nitschneri maasikõun’, ‘Sügisjoonik’, ‘Cortland’, ‘Katre’ ja ‘Lobo’ mahlas lahustunud kuivaine ja hapete suhe oli soovituslikust mõnevõrra kõrgem. Vaadates aga eraldi mahlas lahustunud kuivaine ja orgaaniliste hapete sisaldust, jäid kõikide sortide näitajad optimaalsesse vahemikku.



**Joonis 2.** Tanniinide sisaldus (mg/l) õuntes 2017. –2018.a keskmisena. Erinevad tähed tulpadel väljendavad variantide vahelist usutavat erinevust ( $P \leq 0.05$ ).

Tanniinide sisaldus analüüsitud õuntes varieerus vahemikus 0–5,90 mg/l toormaterjali kohta (joonis 2). Sortides ‘Kerr’ (5,90 mg/l) ja ‘Sügisjoonik’ (5,88 mg/l) oli kahe katseaasta keskmisena enim tanniine võrreldes ülejäänutega. Sortide ‘Sügisjoonik’ ja ‘Kerr’ erinevus teistest õuntest tulenes arvatavasti sellest, et sordi viljad analüüsiti pisut liiga hilja ja need olid analüüsi ajaks juba üleküpsenud, sest aastati on täheldatud selle sordi puhul kiiret üleküpsemist. Kuigi sordi ‘Karksi renett’ suhkrute ja hapete suhtarv oli piisav, realiseeriti viljad aga tõenäoliselt tanniinide sisalduse seisukohast liiga vara ja sisaldus jäi alla meetodi määramispiiri. ‘Karksi renett’ on üks pikema säilivusega sorte ja selleks, et saada kõiki vajalikke biokeemilisi näitajaid optimaalsesse vahemikku, tuleks teha säilitamise ajal järjepidevalt analüüse. Naaberriikides tehtud analüüside põhjal sisaldas sordi ‘Kerr’ viljaliha

märkimisväärses koguses tanniine (54,0 mg/kg kuivkaalu kohta), samas aga sordi 'Quercher Beauty' viljades oli tanniine võrreldes eelmisega poole vähem, vastavalt 20,4 mg/kg (Górnaś et al., 2015). Sarnane tendents avaldus ka käesolevas katses. Kirjanduse andmetel võiks siidri valmistamiseks optimaalne tanniinide sisaldus mahlas olla pigem üle 0,2%, kui soovitakse vähemalt poolkuiva või kuiva siidrit (Merwin et al., 2008). Käesolevas katses aga jäi see alla 0,2%. Kuid heade maitse- ja aroomiomadustega siidri valmistamiseks on otstarbekas hinnata kõrvuti nii suhkrute, hapete kui ka tanniinide sisaldust (Barker, Burroughs 1953).

## Kokkuvõte

Antud uurimuse tulemused kinnitasid, et enamik katses analüüsitud õuntest saavutasid siidri valmistamiseks soovitusliku tehnoloogilise küpsuse, seda nii mahlas lahustunud kuivaine (°Brix) ja orgaaniliste hapete (eelkõige õunhappe) sisalduse kui ka nende suhtarvu osas. Oluline on jälgida erinevaid biokeemilisi näitajaid koos, mis ilmnes näiteks väikeseviljaliste sortide 'Kerr' ja 'Quercher Beauty' ning sügisordi 'Sügisjoonik' puhul. Tanniinide sisalduse poolest väärivad märkimist õunasordid 'Kerr' ja 'Sügisjoonik'.

Lisaks sordiomastele parameetritele on väga olulised ka saagiaasta ilmastik ja viljade küpsusaste. Saagiaasta ilmastik mõjutab otseselt saagi valmimist ning seeläbi biokeemiliste ühendite sisaldust. Üleküpsemise mõjul tõuseb viljade suhkrute sisaldus ja omadustelt magusama poolsete õunte suhkrute/hapete suhe võib jääda optimaalsest kõrgemaks – nt. 'Sügisjoonik'. Kui aga vili ei ole tehniliselt küps, võib jääda olematuks maitsebuketile vajalik tanniinide sisaldus – nt. 'Karksi renett'. Sorte, mille vahel valida on väga palju – üheks valiku kriteeriumiks võiks olla sarnase küpsusastmega sordid. Antud katsetulemustest selgus, et kui analüüse tehakse, kas liiga vara või liiga hilja, siis erinevad nende sortide biokeemilised näitajad teistest sortidest suurel määral – nt. 'Kerr', 'Quercher Beauty', 'Sügisjoonik', 'Karksi renett'. See omakorda võib aga mõjutada kääritamise protsesse ja valmistatud siidri partiide ühtlikkust.

Tegemist on esmaste tulemustega Eestis kasvatatavate õunasortide väärindamise suunal. Antud uurimus käsitles valitud 11 õunasordi sobivust siidri valmistamiseks. Samas on oluline edasi uurida, kui palju erinevad saagiaastade biokeemilised näitajad üksteisest, et saada teada, kui suur mõju on ilmastikul sordi omadustele. Siidri valmistamiseks parimate sortide väljaselgitamine nõuab järjepidevat katsetamist ja vähem atraktiivsete sortide elimineerimist ning nende asendamist uuemate ja huvipakkuvamate õunasortidega. Erinevate õunasortide uurimine ja analüüsid jätkuvad ka järgnevatel aastatel.

## Tänuavaldused

Uurimistööd on toetanud ja rahastanud Eesti Maaeluministeerium ja riiklik programm „Põllumajanduskultuuride geneetilise ressursi kogumine ja säilitamine aastateks 2014–2020“ ning Innovatsiooniosakute toetusmeetme projekt “Õunviljaliste

puuviljade mahla bioaktiivsete näitajate hindamine uute toodete väljatöötamise eesmärgil” koostöös Tori Siidritaluga.

## Kasutatud kirjandus

- Barker, B. T. P.; Burroughs, L. F. 1953. *Cider apple varieties then and now: a survey of vintage-quality trials. Science and fruit*. Lk 45-55.
- Del Campo, G., Berregi, I., Iturriza, N., & Santos, J. I. 2006. Ripening and changes in chemical composition of seven cider apple varieties. *Food Science and Technology International*, 12(6), 477–487.
- Girschik, L., Jones, J. E., Kerslake, F. L., Robertson, M., Dambergs, R. G., & Swarts, N. D. 2017. Apple variety and maturity profiling of base ciders using UV spectroscopy. *Food Chemistry*, 228, 323–329.
- Górnaś, P., Mišina, I., Olšteine, A., Krasnova, I., Pugajeva, I., Lacis, G., ... Segliņa, D. 2015. Phenolic compounds in different fruit parts of crab apple: Dihydrochalcones as promising quality markers of industrial apple pomace by-products. *Industrial Crops and Products*, 74, 607–612.
- Jakobek, L., García-Villalba, R., & Tomás-Barberán, F. A. 2013. Polyphenolic characterisation of old local apple varieties from Southeastern European region. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31(2), 199–211.
- Khanizadeh, S., Tsao, R., Rekika, D., Yang, R., Charles, M. T., & Vasantha Rupasinghe, H. P. 2008. Polyphenol composition and total antioxidant capacity of selected apple genotypes for processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(5), 396–401.
- Krasnova, I., Segliņa, D., Ikase, L., & Gornas, P. 2013. Assessment of Biochemical Content of Apple Varieties Suitable for Cider Production. In *Sustainable Use of Local Resources (Entrails of the Earth, Forest, Food and Transport) – New Products and Technologies (NatRes). National Research Programme, 2010-2013. Proceedings* (p. 216). Riga.
- Laaksonen, O., Kuldjäär, R., Paalme, T., Virkki, M., & Yang, B. 2017. Impact of apple cultivar, ripening stage, fermentation type and yeast strain on phenolic composition of apple ciders. *Food Chemistry*, 233, 29–37.
- Merwin, I. A., Valois, S., & Padilla-Zakour, O. I. (2008). *Cider Apples and Cider-Making Techniques in Europe and North America. Horticultural Reviews* (Vol. 34).
- Petkovsek, M. M., Stampar, F., & Veberic, R. 2007. Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 114(1), 37–44.
- Riigi Ilmateenistus, 2019. 2016., 2017. ja 2018. aasta ilmaülevaade. Kodulehekülg: <https://www.ilmateenistus.ee/kliima/ulevaated/>
- Sarnecis, C. J., Dambergs, R. G., Jones, P., Mercurio, M., Hedrerich, M. J., & Smith, P. A. 2006. Quantification of condensed tannins by precipitation with methyl cellulose: development and validation of an optimised tool for grape and wine analysis. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12(1), 39–49.
- Symoneaux, R., Baron, A., Marnet, N., Bauduin, R., & Chollet, S. 2014. Impact of apple procyanidins on sensory perception in model cider (part 1): Polymerisation degree and concentration. *LWT - Food Science and Technology*, 57(1), 22–27.
- Zhang, Y., Li, P., & Cheng, L. 2010. Developmental changes of carbohydrates, organic acids, amino acids, and phenolic compounds in ‘Honeycrisp’ apple flesh. *Food Chemistry*, 123(4), 1013–1018.

## Uued kärntõvekindlad õunasordid

Toivo Univer

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Polli aiandusuuringute keskus

---

**Abstract.** Univer, T. 2020. New scab resistant apple cultivars – Agronomy 2020.

Apple tree selection began at the Polli Horticultural Research Centre of the Estonian University of Life Sciences in 1945. During the 75 years of breeding, 24 new apple cultivars have been obtained. Breeding scab resistant apple cultivars started with finding and collecting scab-resistant parents. In 1986, Kalju Kask cross-pollinated apple scab resistant Crab No 23 (a seedling of unknown origin) with cultivars 'Cortland' and 'Tina'. From a family of 167 seedlings he selected cultivars 'Kuku', 'Ritika' and 'Ruti'. The fruit of these cultivars is small, weighing about 20 g, round or slightly oblong. Breeding scab resistant cultivars with large fruit started in 1997 in cooperation with a Latvian breeder Laila Ikase. Seeds of scab resistant cultivars 'Florina', 'Freedom', 'Imrus', 'Liberty', 'Siostra Liberty', 'Releta', and 'Remo' and line BM41497 were collected. Of 1372 seeds sown in spring 1998, 875 seedlings were obtained, and 269 uninfected plants were selected for growing. Based on the quality of fruit, 12 promising seedlings were selected. The breeding process that lasted 20 years resulted in one apple scab resistant cultivar 'Virve'. The scab resistant apple cultivars introduced were studied in a comparison trial.

**Keywords:** apple scab, breeding, resistant cultivars

---

### Sissejuhatus

Õunapuu kärntõbi (*Venturia inaequalis*, Cooke (Wint)) on enamlevinud seenhaigus ja tekitab õunakasvatajatele tõsist majanduslikku kahju. Valdav osa Eestis kasvatavatest õunasortidest nakatub kärntõppe, kuid nende hulgas on ka haigusele suhteliselt vastupidavaid sorte (Pärtel, 1988). Sortide nakatumine ja haiguse lööbimise aste oleneb kevad-suvisest ilmastikutingimustest. Kärntõve arenguks optimaalne õhutemperatuur on +18–+23°C. Eosed idanevad tilkvee niiskuse olemasolul. Kui arenguks optimaalsel temperatuuril on lehed niisked 9 tundi, siis on oodata kärntõve nõrka nakkust, kui 12 tundi, siis keskmist ja kui 18 tundi, siis tugevat kärntõvenakkust (Lõiveke, Tammaru, 1995). Kärntõve tõrjeks on soovitatav pritsida õunapuid 3–4 korda kasvuperioodi jooksul fungitsiididega. Kasvatades kärntõvekindlaid õunasorte ei ole õunapuid vaja pritsida kärntõve nakkuse vastu.

Esimesed õunapuu kärntõvekindlad sordid aretati Ameerika Ühendriikides Purdue, Rutgersi ja Illinoisi Ülikoolide pikaajalise aretustöö tulemusena. 1970. a registreeriti esimene kärntõvekindel õunasort 'Prima' (Dayton et al, 1970). Kärntõvekindlate sortide aretus algas endises Nõukogude Liidus eelmise sajandi 80ndatel (Sedov, Ždanov, 1989). Lätis Iedzeni katsejaamas kasutas sordiaretaja R. Dumbravs kärntõvekindlate sortide aretusel lähtevanematena sorti 'Liberty' ning aretisi BM 41497, 814, SR 0523. Dumbravs valis 6 000 seemiku hulgast 48 kärntõvekindlat eliitseemikut (Ikase, Dumbravs, 2001). Edasist aretustööd jätkasid L. Ikase Dobeles ja I. Drudze Pures (Drudze, 2004). Aretustöö tulemusena registreeriti Lätis kärntõ-

vekindlad õunasordid 'Roberts', 'Dace', 'Gita', 'Edite', 'Ligita' ja 'Monta' (Ikase, 2015).

Pollis on aretatud kokku 24 õunasorti. Kärntõvekindlate sortide aretus algas 1986. aastal, mil Kalju Kask ristas sorte 'Cortland' ja 'Tiina' kärntõvekindla väikeseviljalise seemikuga nr. 23. Saadud seemikute hulgast valis ta kärntõvekindlad isendid ja esitas 2004. a. taotluse registreerida sordid 'Kuku', 'Ritika' ja 'Ruti'. Nende sortide viljad on väikesed (20–30 g), mistõttu sobivad nad salatiõunteks või siidri valmistamiseks (Kask, Jänes, 2005; Kask jt. 2010). Õunapuu suureviljaliste ja haiguskindlate sortide aretamiseks tehti koostööd kolleegidega Lätist. 1997. a. tegi L. Ikase Läti Riiklikus Puuviljanduse Instituudis õunapuu sortide vahelisi ristlusi neljas erinevas kombinatsioonis: 'Bogatõr' × 'Fantasia', 'Freedom' × 'Auksis', 'Merrigold' × 'Stars' ja 'Lobo' × 'Remo'. Koguti ka kärntõveresistentsete sortide 'Florina', 'Freedom', 'Imrus', 'Liberty', 'Siostra Liberty', 'Releta', 'Remo' ja aretise BM 41497 looduslikult tolmelnud viljade seemneid. Edasine aretustöö jätkus Pollis, kus 1998. a. kevadel külvati peenrale 1372 seemet ja saadi 875 seemikut (63,8%). Kümne aasta jooksul eemaldati kärntõppe nakatunud lehtedega isendid. Kärntõppe ei haigestunud 269 seemikut (30,7%). 2007. a. viljus 93 seemikut. Viljamaaduste järgi valiti perspektiivsed aretised edasiseks uurimiseks.

Õunapuude sordiaretus Eestis ja Lätis on andnud uusi perspektiivseid kärntõvekindlaid sorte. Nende vastupidavus Eesti mullastik-kliimaatilistes tingimustes ja sobivus olemasoleva kasvatustehnoloogiaga vajab uurimist. Käesoleva artikli eesmärk on anda ülevaade tehtud aretustööst ja sordiuurimisest.

## Materjal ja metoodika

Läti uute kärntõvekindlate õunasortide ja Eesti õunapuuretiste uurimiseks rajati sordivõrdluskatsed Eesti Maaülikooli Polli aiandusuuringute keskus.

Õunapuude sordivõrdluskatse Läti uute sortidega rajati 2009. a. Igat sorti istutati 10 puud, pookealuseks on B396. Võrdlussortideks valiti 'Sügisjoonik' ja 'Antei'. Eesti kärntõvekindlate õunapuuretiste võrdluskatse rajati 2013. a. Puud on väärstatatud pookealusele B9. Mõlema katse puhul oli istutusskeem  $4 \times 2$  m (1250 puud ha<sup>-1</sup>). Puudel kujundati vabakujuline koonalvõra. Puudel mõõdeti noores eas tüve läbimõõt (mm) ja hiljem tüve ümbermõõt (cm) 30 cm kõrguselt, laduvavõrse pikkus (cm), kaaluti õunte saak (kg) ja leiti keskmine vilja mass (g).

Katseala paikneb Lõuna-Eestis Pollis, keskmiselt leetunud kamar-leetmullal, lõimiseks keskmine liivsavi, huumushorisondi tusedus 22–27 cm, huumuse sisaldus 1,8%, pH 5,8. Mulla K ja P sisaldus oli keskmine kuni kõrge (K 136 mg kg<sup>-1</sup>), P 102 mg kg<sup>-1</sup>). Põhjavesi asub 1,5–2 m sügavusel. Esimesel kahel kasvuaastal hoiti istanduses võraalune riba mustkesas. Hiljem hoiti puude võraalused ja puude vahed reas umbrohuvabad herbitsiidi abil. Õunapuid väetati igal kevadel ammoniumnitraadiga kulunormiga 60 kg N tegevaines võraaluse pinna hektari kohta.

Katsetulemuste esitamisel kasutati mõõdetud karakteristikute aritmeetilist keskmist ja selle hälvet, saagiandmete puhul kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi.

Keskliste mitmeseks võrdlemiseks kasutati Duncani testi, mille abil selgitati üksteisest oluliselt erinevad ( $p < 0,05$ ) tasemed.

### Tulemused ja arutelu

Vegetatsiooniperioodi kestvus, päikesekiirguse ja sademete hulk ning nende tegurite rütm mõjutavad puude vegetatiivset kasvu, samuti puude valmistumist talviseks puhkeperioodiks. Introdotseeritud õunapuude kohastumist näitab puude vastupidavus. 2009/10 ja 2010/11. aasta talv olid õunpuudele ebasoodsad. Õhutemperatuur langes  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mis põhjustas puudele talvekahjustusi. Lätis aretatud kärntõvekindlatest sortidest on 'Dace' hea kohastumisvõimega. Kõik aeda istutatud 'Dace' puud säilisid sarnaselt võrdlussortidega 'Antei' ja 'Sügisjoonik' (tabel 1). Sortide 'Roberts' ja 'Gita' puude vastupidavus meie talvedele on ebapiisav, pooled puud hävisid. Nähtavasti avaldab mõju sortide lähtevanemate talvekindlus. Sort 'Edite' on saadud ristlusest 'Liberty'  $\times$  'Latgrimson'. 'Gita' on sortide 'Liberty'  $\times$  'Melba' järglane.

Puude vegetatiivse kasvu näitajatest peegeldab tüve läbimõõt sordi ja pookealuse omavahelist sobivust ja samal ajal ka sordi kohastumist. Tüve läbimõõt on suurem sortidel 'Antei', 'Sügisjoonik', 'Edite' ja 'Dace' (tabel 1). Ladvavõrse pikkus iseloomustab jooksva aasta kasvuperioodi ilmastiku tingimuste mõju ja eelnevatel aastatel ilmnenud kahjustuste järelmõju. Sortide 'Edite' ja 'Dace' ladvavõrseid kasvasid võrdlussortidest pikemaks.

Puu keskmine saak noores istanduses oli sordil 'Dace' 6,2 kg, mis on võrdne kontrollsordiga 'Antei', kuid ületas teisi sorte. 'Dace' puude saagikus oli silmapaistev ka täiskandeeas istanduses. 11 aasta vanuste puude kogusaak oli 80,6 kg ja ületas kõiki teisi uuritavaid sorte oluliselt. Noores istanduses on 'Dace' ligilähedane saagi tasemelt Leedus katsetatud uute õunasortidega (Uselis, 2001).

**Tabel 1.** Läti uute õunapuusortide võrdluskatse tulemused (2009–2014. a) (Univer, Univer, 2015; väljavõte)

Sort	Puude arv, tk	Tüve läbimõõt, mm	Ladvavõrse pikkus, cm	Keskmine saak, kg/puult	Keskmine vilja mass, g
Antei	10	36 ab	27 cd	6,4 a	158 abc
Dace	10	30 bd	30 bc	6,2 ab	166 ab
Edite	9	32 abc	32 bc	1,6 c	138 bc
Gita	6	26 ce	25 de	3,3 bc	132 bcd
Roberts	5	27 ce	22 e	1,5 c	191 a
Sügisjoonik	10	32 abc	23 de	1,7 c	179 a

Teises, K. Kase aretiste katses oli kuuendal aastal peale aeda istutamist puu kõrgus keskmiselt  $247 \pm 9,5$  cm (tabel 2). Keskmisest oluliselt kõrgemakasvulised olid KK 4-7 ('Virve') 288 cm ja KK 2-27 287 cm. Valdav enamik huvitavaid aretisi olid heas kasvujõus, katse keskmine ladvavõrse pikkus oli  $60,8 \pm 2,6$  cm. Puude tüve ümbermõõt oli katse keskmisena  $11,5 \pm 7$  cm. Oluliselt jämedama tüvega olid KK 4-7 ('Virve'), KK 7-27 ja KK 7-25. võrdlussort 'Tiina' jäi uutele aretistele alla puu kõrguse, tüve ümbermõõdu ja ladvavõrse pikkuse poolest.

**Tabel 2.** Eesti perspektiivsete õunapuuaretiste vegetatiivse kasvu näitajad 2018. a.

Aretis	Puude arv, tk	Puu kõrgus, cm	Tüve ümbermõõt, cm	Ladvavõrse pikkus, cm
KK 4-6 (Meeli)	6	218	9,3	57
KK 4-7 (Virve)	5	288	15,1	65
KK 5-1	5	250	13,0	54
KK 5-2	3	263	11,6	67
KK 5-10	8	251	10,4	62
KK 6-26 (Karitas)	8	214	8,2	48
KK 7-25	4	266	14,1	66
KK 7-27	1	280	15,0	75
KK 7-29 (Ketter)	6	240	10,7	60
KK 8-6	8	251	10,6	68
Tiina (kontroll)	7	201	8,4	47
Keskmine	X	247	11,5	60,8
Keskmine hälve	X	9,5	0,7	2,6

Puud perspektiivsete aretiste katses õitsesid ja kandsid vilja teisel aastal (2014) peale aeda istutamist (tabel 3). Keskmine saak puu kohta oli 1,8 kg ja see suurenes aasta-aastalt. Katse keskmisest suurem puu saak oli aretisel KK 4-7 ('Virve'), mille esimese kuue aasta summaarne saak (44,5 kg puu kohta) ületas statistiliselt usutaval määral kontrollsorti 'Tiina'.

**Tabel 3.** Eesti perspektiivsete õunapuuaretiste saak (kg puu<sup>-1</sup>) aastatel 2014–2019

Aretise number	Saak kg puu <sup>-1</sup>						Summaarne saak kg puu <sup>-1</sup>
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
KK 4-6 (Meeli)	3,2	1,0	5,0	8,3	3,9	4,5	25,9 cd
KK 4-7 (Virve)	3,3	5,4	7,1	7,1	9,3	12,3	44,5 a
KK 5-1	0,6	0,7	2,0	4,5	12,0	3,6	23,4 de
KK 5-2	1,4	0	7,3	1,2	12,2	0	22,1 e
KK 5-10	1,1	4,0	2,4	4,5	5,6	3,4	21,0 e
KK 6-26 (Karitas)	2,1	2,6	4,8	2,2	10,5	2,2	24,4 de
KK 7-25	2,5	0,5	4,4	4,8	3,8	14,0	30,0 b
KK 7-27	1,2	2,5	3,7	4,2	7,0	5,9	24,5 de
KK 7-29 (Ketter)	0,9	1,3	2,7	2,1	4,7	10,9	22,6 e
KK 8-6	2,7	1,3	4,7	0,6	7,5	12,2	29,0 bc
Tiina (kontroll)	0,8	4,5	2,9	7,3	2,4	9,9	27,8 bc
Keskmine	1,8	2,1	4,2	4,3	7,2	7,2	X

Vilja suurus on sordil oluline majandusnäitaja (tabel 4). Võrdlussort 'Tiina' on tähelepanuväärne oma suurte, nägusate ja magusamaitsete viljade poolest (Kask, 1975). Katseperioodi keskmine 'Tiina' õunte mass oli 169 g. Sama suured olid viljad aretistel KK 4-6 (Meeli) ja KK 4-7 ('Virve'). Teised aretised rühmitusid viljade poolest keskmise suurusega (120–134 g) gruppi.



**Tabel 4.** Eesti perspektiivsete õunapuuaretiste vilja mass (g) aastatel 2014–2019

Aretise number	Vilja mass, g						Keskmine vilja mass, g
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
KK 4-6 (Meeli)	154	200	163	172	147	146	164 a
KK 4-7 (Virve)	144	165	180	180	130	123	154 ab
KK 5-1	140	150	140	157	128	113	138 c
KK 5-2	140	X	128	130	104	120	124 c
KK 5-10	104	105	115	140	121	118	117 c
KK 6-26 (Karitas)	120	173	105	166	115	134	136 c
KK 7-25	131	136	134	135	138	117	132 c
KK 7-27	130	131	127	131	97	132	125 c
KK 7-29 (Ketter)	147	147	117	120	124	118	129 c
KK 8-6	122	121	97	153	144	110	125 c
Tiina (kontroll)	151	178	157	178	183	164	169 a
Keskmine	135	151	133	151	130	127	X

Esialgsete katsetulemuste põhjal registreeriti uue sordina 'Virve'. Läti sortidest väärib esiletõstmist 'Dace', mis sobib Eestis kasvatamiseks.

'**Virve**' (aretise nr KK 4-7) on saadud sortide 'Lobo' × 'Remo' ristamisena Dobeles 1997. a. Aretustöö jätkus Pollis, kus 1998. a. kevadel külvati 100 seemet, millest tärkas 63 seemikut. Pärast praakimist jäi alles 16 puud, neist viljus 2007. aastal 12 puud (75%). Sellest seemikute perekonnast valiti eliiti ja istutati võrdluskatsesse kaks aretist. Istikuid levitati esmakordselt Lätis ja Eestis 2011. a. Sordina registreeriti 2018. a. Sordi aretajateks on K. Kask ja L. Ikase. Sordi omanik on Eesti Maaülikool.

Puu on tugevakasvuline ja kõrge. Viljad on suured koonilised või munajad. Vilja põhivärvus on rohekaskollane, kattevärvus roosakas, katkendlike punaste triibukestega. Viljaliha on magushapu. Viljad sisaldavad 15,51% kuivainet, 0,95 % tiitritavaid happeid, 10,9 % suhkruid ja C-vitamiini 9 mg/100g. Viljad säilivad hästi jaanuarikuuni.

Sort on kärntõvekindel ja sobib kasvatamiseks maheviljeluses nii kodu- kui ka äriaias.

'**Dace**' on saadud ristlusest BM 41497 × 'Eksoitika'. Registreeritud sordiks 2009. a. Aretajateks on R. Dumbravs ja L. Ikase. Sordi omanik Läti Riiklik Puuviljanduse Instituut.

Puu on keskmisekasvuline või kõrge. Hea võraehitusega. Õitsemise aeg on keskmine. Puu hakkab vara kandma, on ühtlase saagikandega. Viljad püsivad puul hästi. Viljad on suured kuni väga suured (150–200 g), ümarkoonilised. Viljakesta põhivärvus on helekollane, kattevärvus on punane. Viljaliha on tugev, mahlane, magushapu, väga hea maitsega. Viljad sisaldavad 16,2% kuivainet, 0,7% happeid, suhkruid on 8,5% ja C-vitamiini 7 mg/100 g. Viljad säilivad jaanuarikuuni, heades säilitustingimustes märtsikuuni.

Sort on kärntõvekindel. Sobib kasvatamiseks maheviljeluses.



## Tänuavaldused

Uurimistöö on valminud riikliku programmi „Sordiaretusprogramm aastatel 2009–2019“ rahalisel toel.

## Kasutatud kirjandus

- Dayton, D.F., Mowry, J.B., Hough, L.F., Bailey, C.H., Williams, E.B., Janick, J., Emerson, F.H. 1970. Prima an early fall red apple with resistance to apple scab. – *Fruit Varieties and Horticultural Digest*, 1–3.
- Drudze, I. 2004. New apple and pear selections from hybrid material „Iedzeni“ in Latvia. – *Acta Horticulturae* **663**, 895–898.
- Ikase, L. 2005. Disease resistant apple breeding in Latvia. – *Proceedings of the international scientific conference: Environmentally friendly fruit growing* **222**, 10–14.
- Ikase, L., Dumbravs, R. 2001. Apple breeding for disease resistance in Latvia. – *Horticulture and vegetable growing* **20(3)**, 265–274.
- Kask, K. 1975. Õunasort ‘Tiina’. – *Sotsialistlik Põllumajandus* **4**, 182–184.
- Lõiveke, H., Tammaru, I. 1995. Põllumajanduskultuuride haigused ja kahjurid ning nende tõrje. – *Taimekaitse käsiraamat*, Tallinn, 82–279.
- Pärtel, E. 1988. Õunapuusortide kärntõvekindlus Eesti NSV-s. – *Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teadustööde kogumik* **LXI**, 64–75.
- Sedov, E.N., Ždanov, V.V. 1989. Aretustöö haiguskindluse suunas. – *Õunapuude aretus*. Moskva, 115–155 (vene k.).
- Uselis, N. 2001. Assessment of biological and economical traits of 20 apple varieties on M26 rootstock in the first-fifth years in orchard. – *Horticulture and vegetable growing* **20(3)**, 318–333.
- Univer, T., Univer, N. 2015. The results of a comparison trial of apple scab resistant cultivars in Estonia. – *Proceedings of the 25th NJF Congress. Riga, Latvia 16th – 18th of June 2015*, 70–74.

## Mitmesugust

Miscellaneous

## Aiandussektori tänane olukord

Katre Kirt, Marje Mäger, Eve Paju, Renata Tsaturjan  
Maaeluministeerium



**Abstract.** Kirt, K., Mäger, M., Paju, E., Tsaturjan, R. 2020. Horticulture in statistics – Agronomy 2020.

The horticulture sector has been set as one of priorities for the entire financial period. To assess the impact of the support measures implemented, the Ministry of Rural Affairs has been monitoring statistics on horticultural producers. The 2018 overview of the current situation of horticulture in numbers was discussed on October 30, 2019 on the 6th Vision Conference of the Estonian Horticultural Association. This article reflects the presentation there. In addition to the range of agricultural data of Statistics Estonia (crop production, trade and enterprises income statement, employment and hours worked statistics) the data of Farm Accountancy Data Network (FADN), Estonian Agricultural Registers and Information Board (ARIB), Organic Farming Register and Estonian Institute of Economic Research are used to outline the various stages in the process of bringing fruit and vegetables from fields to the market.

Since 2014, the share of the value of the output of horticultural products has increased more than total output of agricultural industry, but the net value added in average farm is still lower than average. There were almost three thousand persons growing horticultural products in 2018, mostly on small parcels. Only 11 enterprises grow horticultural products on area larger than 100 ha. They utilise almost one third of the total horticultural area. In 2019, a little over 10 thousand hectares of arable land in Estonia were used to produce horticultural products. About one third of the horticultural production area was used for vegetables of which nearly 5% is organic. A little over 7 thousand hectares were dedicated to the fruits and berries, of which the share of organic farming is 35%. Organic fruits and berries account for 10% of total fruit and berry output and the share of organic vegetables is 1%.

As regard to vegetables, the main export articles (the intra EU trade) are lettuce and cucumber which hold the largest share in export value. The main import article is tomato. Fresh vegetables were exported mainly to our neighbouring countries – Latvia and Lithuania. Fruit and vegetable export depends on harvest which varies depending on weather conditions each year. Import of fruits and berries is growing yearly.

In summary, the statistical figures show that the horticultural sector has potential for development, both in terms of productivity and collective action. Looking ahead, all farmers face challenges in terms of low product prices, rising input prices, changes in consumer habits and demands, environmental and climate constraints. Challenges can be rewarded. The opportunities lie in more efficient production, diversification, as well as carefully selected risk management, which will also help increase incomes and productivity in the horticultural sector.

**Keywords:** horticulture

### Aianduse hetkeolukorrast numbrites

Eesti põllumajanduse kogutoodangu väärtuses moodustas aiandussektori toodangu väärtus 2010. aastal 6,7%, kuid Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika (ÜPP) finantsperioodi (2014–2020) alguses 3,7%. Käesoleva perioodi ÜPP sekkumisi kujundades seadsime üheks prioriteediks aiandussektori arengu. Perioodil 2015–2019 oleme aiandussektorisse suunanud erinevate toetusmeetmete kaudu ca 37 mln

eurot, sh 64% investeringuteks. Rakendatud toetusmeetmete mõju hindamiseks on Maaeluministeerium jälginud aiandustootjatega seonduvat statistikat<sup>1</sup>. 2018. aasta ülevaade aianduse hetkeolukorrast numbrites oli jutuks 30. oktoobril 2019 a. toimunud Eesti Aiandusliidu VI Visioonikonverentsil.

### Kogutoodangu väärtus ja aiandussektori majandusnäitajad

Eesti põllumajanduse, kui majandusharu kogutoodangu väärtus oli 2018. aasta põllumajanduse majandusliku arvepidamise andmete alusel 859,2 mln eurot (0,5% EL28 kogu põllumajanduse, kui majandusharu kogutoodangu väärtusest), millest aianduse<sup>2</sup> kogutoodangu väärtus moodustas 7,3% ehk 63 mln eurot. Võrdluses 2010. aastaga on hea märk, et aiandustoodangu väärtus on suurenenud enam kui põllumajanduse, kui majandusharu kogutoodangu väärtus. Kuigi perioodil 2010–2014 oli osatähtsus vähenev, on alates 2015. aastast näha positiivset suundumust. Kogutoodangu väärtus kujuneb toodetud saagi hinnastamisel, millele lisatakse ka kasvatatava saaduse toodanguga seotud toetused. Eestis makstakse iga-aastaselt sellise toetusena puu- ja köögivilja kasvatamise otsetoetust, kuid on makstud ka erakorralist toetust<sup>3</sup>.

Kui vaadata detailsemalt, ettevõtte tasemel, on abiks põllumajandusliku raamatupidamise andmebaasi (FADN) andmed<sup>4</sup>. Aianduse tootmistüübi standardtulemused väljendavad pigem tavatootmise ja püsilikultuuride tootmistüübi standardtulemused pigem mahetootmise ettevõtete keskmist tulemust. Seejuures valimis on ettevõtted standardkogutoodanguga kuni 500 000 eurot, mis tähendab, et päris suurte köögivilja või katmikkultuuride kasvatajate andmed ei kajastu keskmise ettevõtte näitajates. FADN andmetel on aianduse tootmistüübi ettevõtted kuludega toime tulnud edukalt, kogutoodangu ja kogukulude suhe jääb kogu perioodil 2010–2018 üle ühe, mis näitab, et väiksema toetuste osatähtsusega sissetulekutes sektoris katab kogutoodangu väärtus kogukulud erinevalt sektori keskmisest, kus on võimalik rohkem toetuseid kulude katteks suunata (joonis 1). Samas ei kajastu kogukuludes peretööstajate, mille osatähtsus kogu tööstuses ulatub 45%-ni. Peretöö tasustatakse ettevõtjate arvelt, mis jääb alla keskmise. Kuigi selle tootmistüübi hektaritootlikkus (2047 eurot/ha) ületab FADN keskmise ettevõtte oma 8,7 korda, jääb netolisandväärtus tööstuse aastaühiku kohta keskmisele 31% alla<sup>5</sup>, mistõttu jääb ka vähem vahendeid väliste tegurite (tööjõud, rendid, intressid) kulude katteks. Toetuste (v.a investeerin-

<sup>1</sup> Infoallikadena kasutatakse Eesti Statistikaameti, Põllumajandusuuringute Keskuse (FADN - Farm Accountancy Data Network), Põllumajanduse Registrite ja Infosüsteemide Ameti, Eurostat-i (Statistical Office of the European Union), Mahepõllumajanduse registri ja Eesti Konjunkturiinstituudi andmeid.

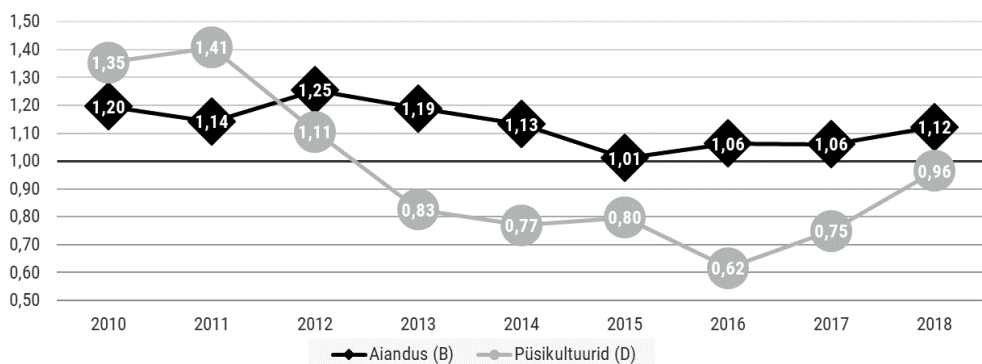
<sup>2</sup> Aianduse kogutoodangu väärtus hõlmab köögivilja, puuvilja ja marjade, lillede, puukoolide ja püsilikultuuride istandike kogutoodangu väärtust.

<sup>3</sup> Puu- ja köögiviljasektori erakorraline abi (EL rahastus), erakorraline toetus kartuli ja avamaaköögivilja kasvatajatele (Eesti eelarve)

<sup>4</sup> <http://fadn.agri.ee/standardtulemused/>, aianduse tootmistüüp (B, avamaaköögivili) ja püsilikultuuride tootmistüüp (D, puuvilja ja marjakultuurid)

<sup>5</sup> Netolisandväärtus tööstuseühiku kohta 2016–2018 keskmine 17 153 eurot, aianduse tootmistüübis 11 809 eurot (FADN)

gutele) osatähtsus netolisandväärtuses on viimase nelja aasta keskmisena ca 16%. Alates 2015. makstakse puu- ja köögivilja kasvatamise otsetoetust ning alates 2016. aastast keskkonnasõbraliku aianduse toetust. Toetuste suurenemine 25% praeguse ÜPP perioodi algusaastail võimaldas kulusid suurendada 15%, kuigi toodangu väärtus suurenes 2%. Seega kogutoodangu väärtuse ja kogukulude suhe vähenes alguses, kuna kulusid oli võimalik suurendada toetuste arvelt (näiteks kasutada kvaliteetsemad sisendeid), seejärel hakkas suhe paranema vastavalt toodangu väärtuse kasvule, mis kokkuvõtvalt väljendub toodangu väärtuse suurenemises 2018 aastaks võrreldes 2014. aastaga 2,24 korda, samal ajal kui kogukulud suurenesid 2,26 korda, joonis 1.



**Joonis 1.** Aianduse ja püsikultuuride tootmistüübi kogutoodangu ja kogukulude suhe aastatel 2010–2018

Allikas: FADN

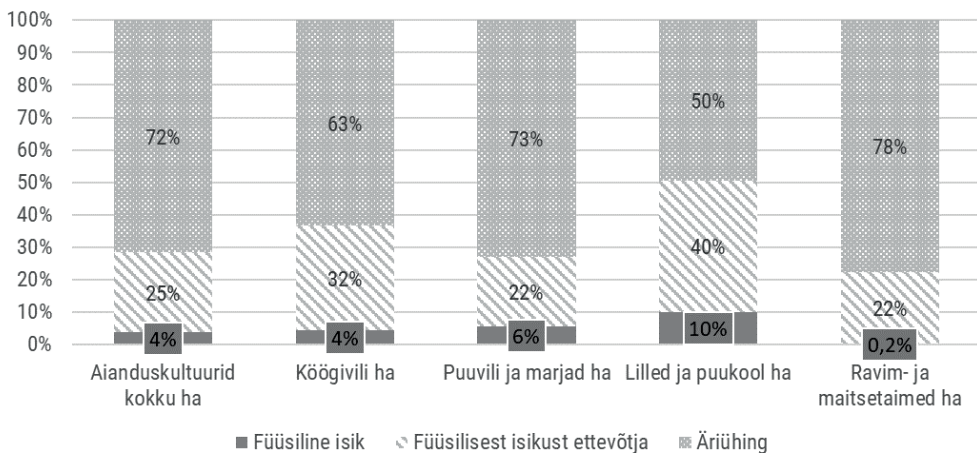
Püsikultuuride tootmistüübi ettevõtete kogutoodangu ja kogukulude suhe jääb alates 2013. aastast alla 1, mis viitab, et toimetulek kuludega ilma toetusteta on nõrk. Selle tootmistüübi netolisandväärtus tööjõuühiku kohta jääb 27% alla keskmise<sup>6</sup>. Loodav lisandväärtus jääb madalaks kuigi hektaritootlikkus (957 eurot/ha) ületab keskmist 13%, on kogukulud keskmisest 20% kõrgemad. Toetuste (v.a investeeringutele) osatähtsus netolisandväärtuses ulatub 2014–2018 keskmisena 116%-ni, mis tähendab, et toetusi kasutatakse nii tootmissisendite ostuks kui ka väliste tegurite (tööjõukulud, intressid, rendimaksud) kulude katteks. Ka siin on toetustel ilmne mõju kuludega toimetulekuks. 2015. aastal suurenesid võrdluses 2014. aastaga toetused (v.a investeeringutele) 31%, mis võimaldas kulusid suurendada 10% ja toodangu väärtus suurenes 14%. Kogutoodangu ja kogukulude suhtarv vähenes, kuna kulusid oli võimalik suurendada toetuste arvelt. Suhtarv hakkab paranema aeglasemalt kui aianduse tootmistüübis, kuna saaki ei saada kohe. 2018. aastaks on kogutoodangu väärtus suurenenud juba 2,09 korda, kuid kogukulud kaks kolmandikku (joonis 1).

<sup>6</sup> Netolisandväärtus tööjõu aastaühiku kohta 2016–2018 keskmine 17 153 eurot, püsikultuuride tootmistüübis 12 564 eurot.

## Aiandussaaduste kasvatajad ja kasvupinnad, panus toodangu väärtusesse

PRIA andmetel oli 2018. aastal pindalatoetusetaotlustele kokku 2938 isikut märkinud kasvatatavate kultuuridena köögivilja (1701 kasvatajat), viljapuud, marja-põõsad, maasikad (1729 kasvatajat), ravi- või maitsetaimed (113 isikut), lilled või puukoolid (44 isikut). Kokku on nimetatud isikutel aianduskultuuride pinda 8517 ha, sh köögivili 2170 ha, puuvili ja marjad 3873 ha, lilled ja puukoolid 77 ha, ravim- ja maitsetaimed 2396 ha. Kokku on aianduskultuuride kasvatajate harida 14% ühtse pindalatoetuse (ÜPT) taotletud pinnast, millest 93% on muude kui aianduskultuuride all. Olulise osa aianduskultuuride kasvatajatest moodustavad füüsilised isikud (39%), kellel on keskmiselt 7 ÜPT ha, millest 0,28 ha on aianduskultuuride all. Sealhulgas võib nimetada spetsialiseerunuteks 13 kasvatajat, sest neil on aianduskultuuride pinda üle 90% nende ÜPT taotlustele märgitud kogupinnast. Füüsilisest isikust ettevõtjate osatähtsus on 38% kasvatajate arvust, neil on keskmiselt 41 ÜPT ha ja sellest 1,88 ha aianduskultuure, sealhulgas võib spetsialiseerunutena nimetada 42 kasvatajat. Äriühingute osatähtsus on 23% aianduskultuure kasvatavatest isikutest ning neil on keskmiselt 116 ÜPT ha, millest 9,17 ha aianduskultuuride all. Meeldiv on tõdeda, et alla 40-aastaseid ehk ÜPP meetmete mõistes noori, on aianduskultuuride kasvatajate hulgas 181 (6%).

PRIA andmetele tuginedes saab kaudse pildi aianduse kogutoodangu väärtusesse panustajate kohta ehk 72% aianduskultuuride pinnast on äriühingute, 25% füüsilisest isikust ettevõtjate ning 4% füüsiliste isikute harida (joonis 2). Seejuures üle 100 hektaril kasvatab aianduskultuure 11 isikut (äriühingud ja FIE'd), kes harivad 32% kogu aianduskultuuride pinnast ja 65% aianduskultuure kasvatavatest isikutest kasvatab aianduskultuure alla 0,5 ha-l.



**Joonis 2.** ÜPT taotlustele märgitud aianduskultuuride pindade jagunemine tegevusvormide lõikes.

Allikas: PRIA (2018)

Statistikaameti (SA) esialgsetel andmetel kasvatatakse 2019. a avamaaköögivilja kokku **3050** ha-l. Võrreldes 2018. aastaga on kasvupind vähenenud 9% (81 ha) võrra. Avamaaköögivilja kasvupind, mis küll kolmel viimasel aastal on vähenenud, on võrreldes puu- ja köögivilja kasvatamise otsetoetusele eelnenud aastaga (2014. a) kasvutrendis.

Avamaaköögivilja kasvupinnast 65% majandatakse (1985 ha) põllumajandusmajapidamistes<sup>7</sup> ja põllumajanduslikud kodumajapidamistes<sup>8</sup> 35% (1065 ha). Põllumajanduslikes majapidamises toodetakse peamiselt kapsast, porgandit, peeti, hernest) ja muud köögivilja<sup>9</sup>. Põllumajanduslikes kodumajapidamistes aga valdavalt kurki ja sibulat. Kүүslauku ja kaalikat kasvatatakse võrdselt (ca 50%) nii põllumajanduslikes majapidamistes kui ka kodumajapidamistes.

Katmikköögiviljapind pind oli 2019. aastal 235 ha. Eesti kogu katmikalist on valdav osa 91% (215 ha) põllumajanduslikud kodumajapidamised ning vaid 9% (20 ha) on põllumajanduslikud majapidamised. 2019. a kasvatatakse põllumajanduslikes kodumajapidamistes tomatit 143 ja kurki 56 hektaril.

SA esialgsetel andmetel oli 2019. aasta viljapuude ja marjaaedade sh maasika kogupind kokku 7 080 ha. Võrreldes 2018. a on viljapuu- ja marjaaedade v.a must sõstar üldpind vähenenud 1% (93 ha). Musta sõstra kasvupind (578 ha) on tänavu vähenenud 8%. Viljapuude ja marjaaedade kasvupinnast moodustavad õuna- ja pirniaiad üle kolmandiku (kokku 2544 ha), muud puuviljad- ja marjaaiad kolmandiku (2066 ha) ning maasikad 11% (748 ha).

Lillede ja ehistaimede kasvupind oli 2019. a 5 ha, võrreldes eelnenud aastaga vähenes see 6 ha võrra. Puukoolide pind oli 2018. a 229 ha.

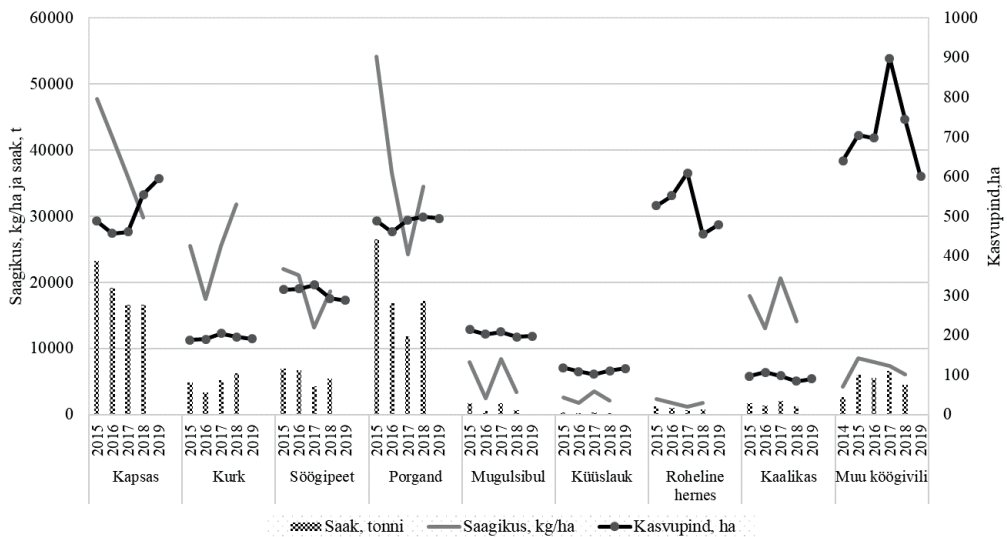
## Palju toodetakse aiandussaadusi

2018. a oli avamaaköögivilja kogusaak 53 tuh t. Kuigi köögivilja toodang kasvas võrreldes eelneva aastaga 7% (3,5 tuh t), tulenes suurenemine madalast võrdlusbaasist.

<sup>7</sup> Põllumajanduslik majapidamine – ühtse majandusliku ja tehnilise juhtimisega üksus, kus toodetakse põllumajandussaadusi või säilitatakse maad heades põllumajandus- ja keskkonnaningimustes ning kus on vähemalt üks hektar kasutatavat põllumajandusmaad või kus on alla ühe hektari kasutatavat põllumajandusmaad ja kus toodetakse põllumajandussaadusi peamiselt müügiks.

<sup>8</sup> Põllumajanduslik kodumajapidamine – üksus, kus on alla ühe hektari kasutatavat põllumajandusmaad (või see puudub) ja kus toodetakse põllumajandussaadusi peamiselt oma tarbeks ning kus on vähemalt kas: - 50 ruutmeetrit köögiviljamaad või kolm viljapuud või kuus marjapõõsast või - 10 küülikut, 10 kodulindu või teisi põllumajandusloomi või- kolm mesilasperet.

<sup>9</sup> Muude köögiviljade gruppi kuuluvad ülejäänud Eestis kasvatatavad köögiviljakultuurid, mida ei ole eraldi välja toodud (nt redis, kõrvits, suvikõrvits, salat, spinat, roheline sibul, till, oblikas, petersell, seller, pastinaak, rõigas, rabarber).



**Joonis 3.** Avamaaköögiviljade kasvupind, saak ja saagikus aastatel 2015-2018 (2019)

Allikas: Statistikaamet PM0281

Jooniselt 3 nähtub liigiti avamaaköögivilja kasvupinnad, saak ja saagikus. Avamaaköögivilja 2018. a kogusaagist moodustas 64% kapsa- ja porgandisaak (vastavalt 16,5 tuht t ja 17,2 tuht t) ning ligi 10% kurgi- (6,2 tuht t) ja söögipeedisaak (5,5 tuht t).

Katmikköögivilja 2018. a kogusaagist (8,3 tuht t) moodustas kurgisaak 63% (5,2 tuht t) ja tomatisaak 36% (3 tuht t) ja muu katmikköögivilja saak 1% (88 t).

Erinevalt tänavusest aastast oli 2018. a suurepärase aasta puuvilja- ja marjakultuuridele. 2018. a puuvilja- ja marjaedade kogusaak oli 9152 t. 2018. aasta puuvilja- ja marjasaak oli 41% suurem 2017. a saagist ja 38% suurem 10. a keskmisest kogusaagist (6571 t). 2018. a puuvilja ja marjade kogusaagist moodustasid õunad ja pirnid 40% (3,7 tuht t), maasikad 21% (2 tuht t), muud puuviljad- ja marjad 20% (1,8 tuht t) ning ploomid ja mustsõstrad 5% (vastavalt 478 t ja 479 t) (joonis 4).

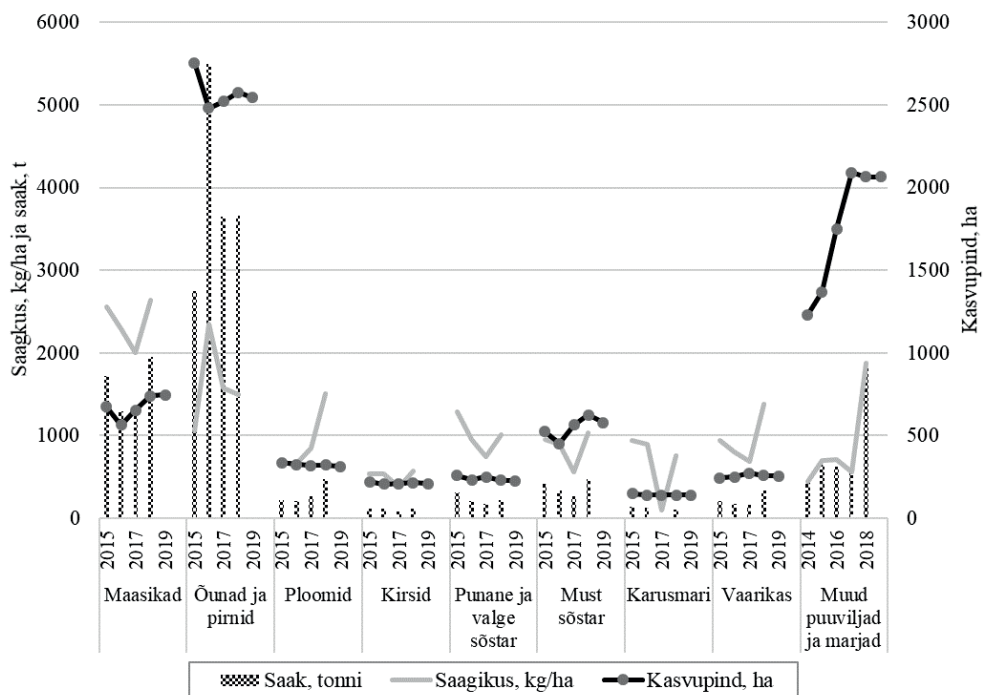
Värske puu- ja köögivilja tarbimine<sup>10</sup> on aasta aastalt tõusnud. 2018. aastal suurenes köögivilja tarbimine (116,7 tuht t) 6% võrreldes 2017. aastaga (joonis 5). Samas värske puuviljade ja marjade tarbimine (111,4 tuht t) tõusis tänavu viimase 10. aasta kõrgemale tasemele (joonis 6). Võrreldes 2012. aastaga on puuviljade ja marjade tarbimine suurenenud 48%.

2018. aastal kattis värske köögivilja isevarustatuse tase<sup>11</sup> ligi pool (52%) tarbimisest ja oli viimase 10 aasta madalaim. Alates 2015. a on köögiviljade isevarustatuse tase vähenenud tulenevalt viimaste aastate keskmisest madalamast toodangust ning hüppeliselt suurenenud impordi ja tarbimise kasvust.

<sup>10</sup> Alates 2015. a ei avalda SA enam andmeid eraldi värske köögivilja tarbimise kohta. Tarbimine on leitud liites köögivilja saak ja import ning lahutades kogueksport.

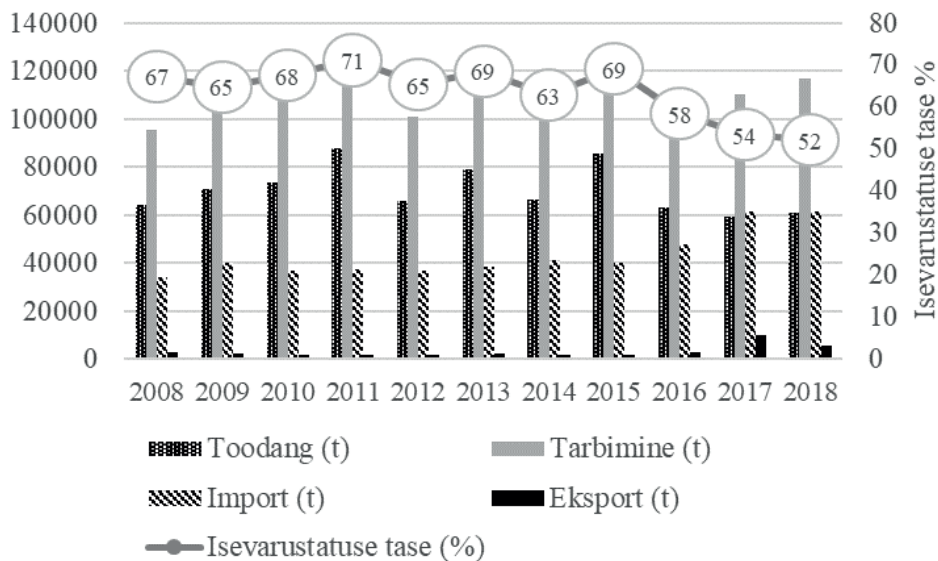
<sup>11</sup> Isevarustatuse tase on toodangu ja tarbimise suhe.





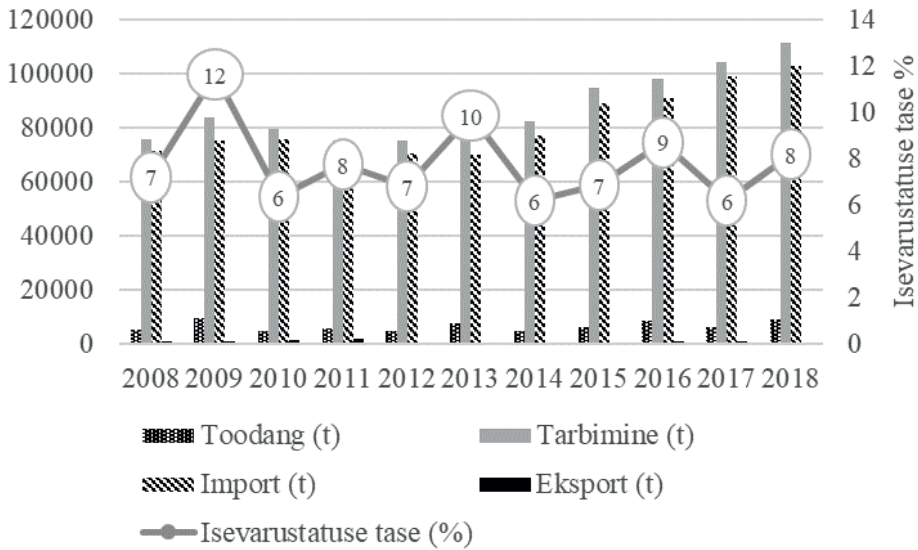
**Joonis 4.** Puuvilja- ja marjaaedade pind (ha), saak ja saagikus aastatel 2015-2018 (2019)

Allikas: Statistikaamet PM0281



**Joonis 5.** Värske köögivilja toodang, tarbimine, import, eksport ja isevarustatuse tase aastatel 2008-2018.

Allikas: Statistikaamet, Maaeluministeerium



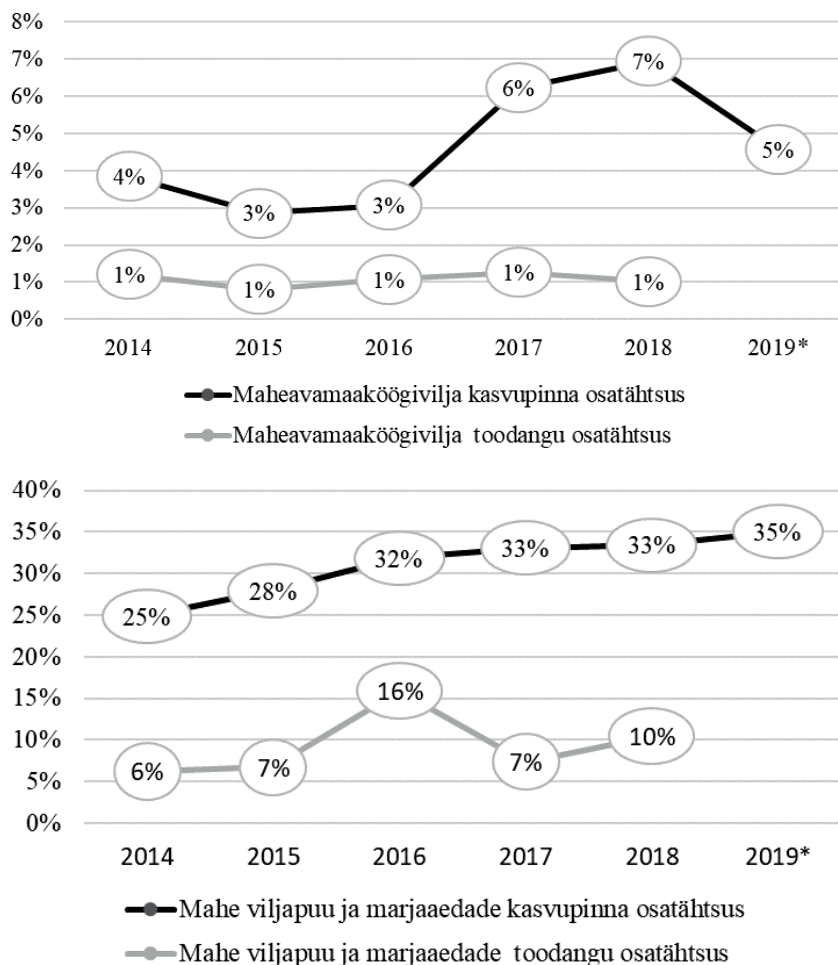
**Joonis 6.** Värske puuvilja ja marja toodang, tarbimine, import, eksport ja isevarustatuse tase aastatel 2008-2018

Allikas: Statistikaamet, Maaeluministeerium

Puuviljade ja marjade puhul on isevarustatuse tase veelgi madalam, jäädes sõltuvalt aastast 6-12% tasemele. Kuigi 2018. a puuviljade ja marjade saak (ligi 10 tuht) oli väga kõrge, jäi isevarustatuse tase 8% tasemele.

## Maheaiandus

Kogu avamaaköögivilja 2019. a kasvupinnast kasvatatakse maheköögivilja 139 hektaril (4,6%). Võrreldes 2018. a on maheköögivilja kasvupind vähenenud 35% (78 ha). Maheköögivilja kasvupinna osatähtsus on perioodil 2014-2019 sõltuvalt aastast kõikunud 3-7% (keskmiselt 4,6%) piires. Viljapuude ja marjaaedade kogupinnast moodustavad mahe viljapuu- ja marjaaiad 35% (2478 ha). Maheköögivilja saak moodustas 1% (536 t) ning mahe puuvilja- ja marjasaak (953 t) 10% vastavast kogusaagist (joonis 7).



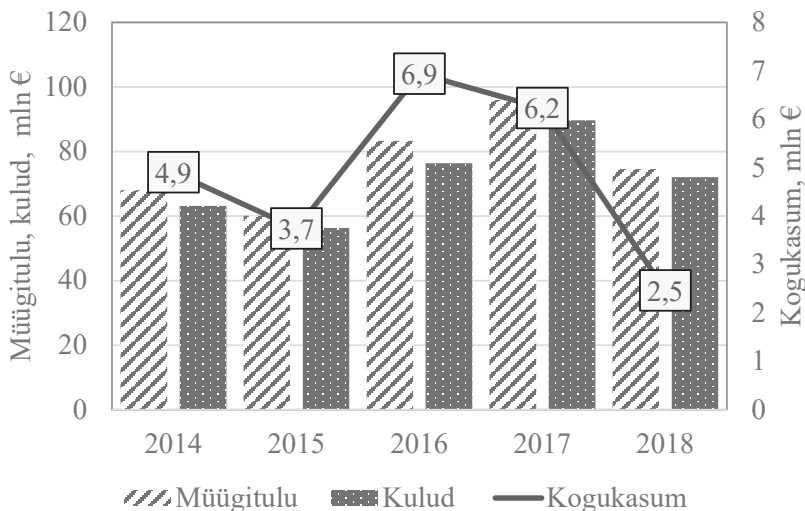
**Joonis 7.** Mahe osatähtsus avamaakõõgivilja, puuvilja ja marjaedade kasvupinnast ja toodangust aastatel 2014-2018 (2019)

Allikas: Statistikaamet PM0281, Põllumajandusamet, Maaeluministeerium

### Puu- ja kõõgiviljatööstus ja ühistegevus

Puu- ja kõõgivilja töötlevate ettevõtete arv kasvab kiiresti — kui 2005. a tegeles puu- ja kõõgivilja töötlemisega 15 ettevõtet, siis 2017. a oli neid juba 74. Üha enam tekkib suurtööstuste kõrvale mikroettevõtteid, mis keskenduvad nišitootmisele. Alla 10 töötajaga ettevõtted moodustavad üle 80% ettevõtete koguarvust. Mikroettevõtted oma piiratud tootmismahuga ei konkureeri suurte tööstustega, kuid rikastavad omapärase sortimendiga meie toidulauda. Puu- ja kõõgiviljatööstuste 2018. aasta müügitulu oli 74,5 mln eurot, mis moodustas 4,1% toiduaine- ning 0,5% töötleva tööstuse müügitulust. Eelneva aastaga võrreldes oli 2018. aasta müügitulu väiksem 22,3%. Puu- ja kõõgivilja töötlevate ettevõtete 2018. aasta kulud olid 72,1 mln eurot

ehk 19,7% väiksemad kui eelmisel aastal, kuid kesise saagi tõttu oli sektori ettevõtete kogukasum 2,5 mln eurot, mida oli 60,5% vähem kui eelmisel aastal. Puu- ja köögiviljatööstuse kogukasum vähenes 2018. aastal oluliselt enam (-60,5%) kui toiduainetööstuse keskmiselt (-38,7%). Puu- ja köögivilja töötleva tööstuse kogukasum moodustas 2018. aastal 5,4% toiduaine- ning 0,4% töötleva tööstuse kogukasumist (joonis 8).

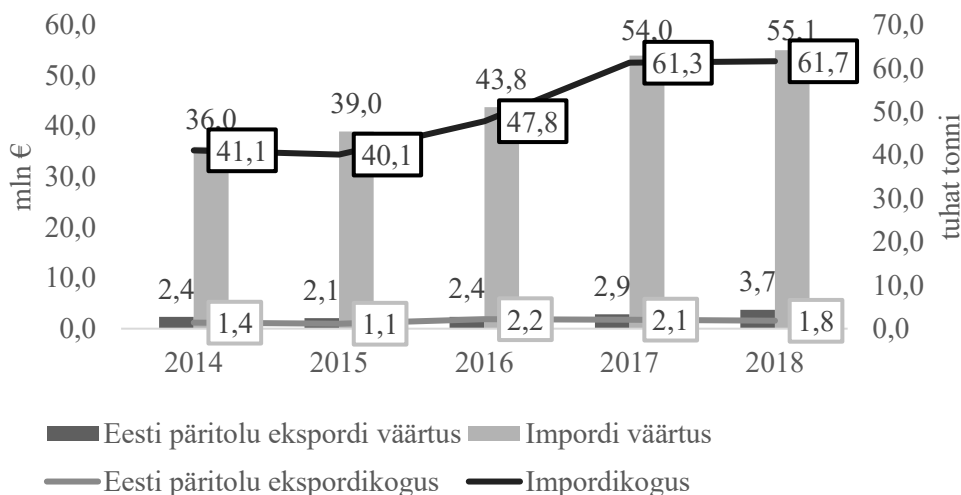


**Joonis 8.** Puu- ja köögiviljatööstuse müügitulu, kulud, kogukasum, 2014–2018

Ühistegevus aiandussektoris on väga madal. Kui teraviljasektoris tegutseb 58 ja piimasektoris 28 majanduslikult aktiivset põllumajandusühistut, siis puu- ja köögivilja sektoris on registreeritud 8 ühistut. Nimetatud kaheksast ühistust kaks on kartuliühistud, mis otseselt ei kuulu aianduse valdkonna alla. Aiandussektoris tegutsevad ühistud on kuni 6 liikmelised, valdavalt turustusühingud, mille müügitulu jääb enamasti alla 500 tuh euro.

### Eksport ja import

Värske köögivilja ekspordimaht võrreldes impordiga on endiselt kordades väiksem. Ekspordikäive kasvas võrreldes 2017. aastaga 31%, samas ekspordikogused on olnud langustrendis. Import rahalises arvestuses kasvas eelmise perioodiga võrreldes 2%, koguseliselt 1% (joonis 9).



**Joonis 9.** Eesti päritolu värsked köögiviljad (v. a kartul) eksport ja import rahalises väärtuses (mln €) ja koguselisel (tuhad tonni) 2014-2018 (Statistikaamet VK200, eksport/import, kombineeritud nomenklatuuri kaubakoodid 0702-0709)

Allikas: Statistikaamet

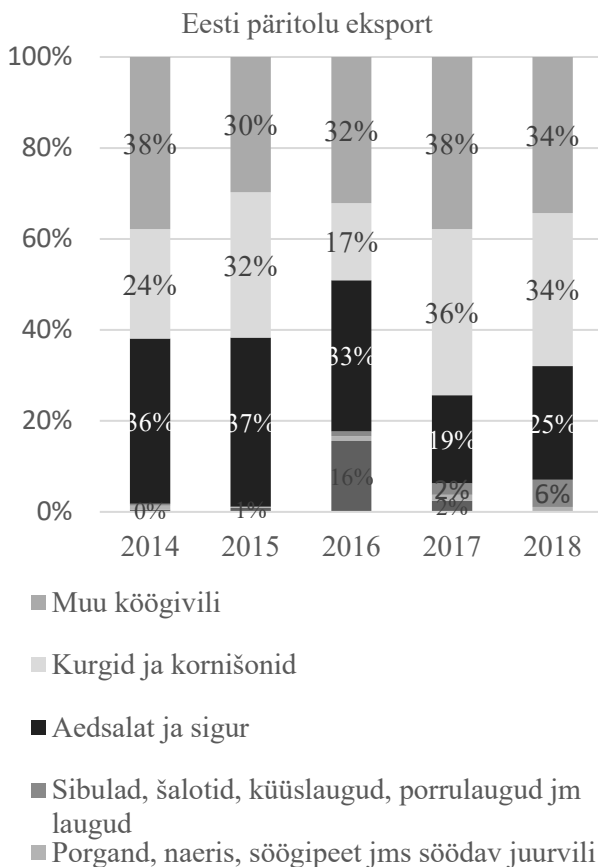
Värsked köögiviljad põhilised eksporditüübid on kurk ja aedsalat, mille osakaal ekspordikäibes moodustas 2018. aastal vastavalt 34% ja 25% (joonis 10). Sibula osakaal on tõusutrendis ja moodustas 2018. aastal 6%. Põhiline imporditüüp on tomat, mille osakaal impordikäibes oli 2018. aastal 1/3. Kurgi, kapsa, sibula ja aedsalati osakaal püsis vaadeldavatel aastail suhteliselt stabiilsena.

Kõige olulisem eksporditurg oli Läti, kuhu Eesti päritolu värsked köögiviljad müüdi 2018. a 1,6 mln euro väärtuses (osakaal 43%). Teised peamised eksporditurud (väärtuse alusel) olid Leedu (26%), Soome (15%), Rootsi (11%) ja Holland (2%).

Peamised eksporditüübid on kurk ja aedsalat. Kurgi ekspordikäibe kasv 2018. a (võrreldes 2014. a) üle 100%, ekspordikogus 57%. Import kasvas 2018. a (võrreldes 2014. a) rahalises väärtuses 53%, koguselisel 13%. Kurgi eksporditurg on olnud Läti ja Leedu: ekspordikäibe kasv 2018. aastal (võrreldes 2017. aastaga) vastavalt 30% ja 23%. 2018. a imporditi rahalises väärtuses enim Hispaania (26%), Leedu (13%) ja Kreeka (11%) päritolu kurke. (Allikas: EKI Eesti toidusektori ekspordivõimekus jätku-uuring 2019)

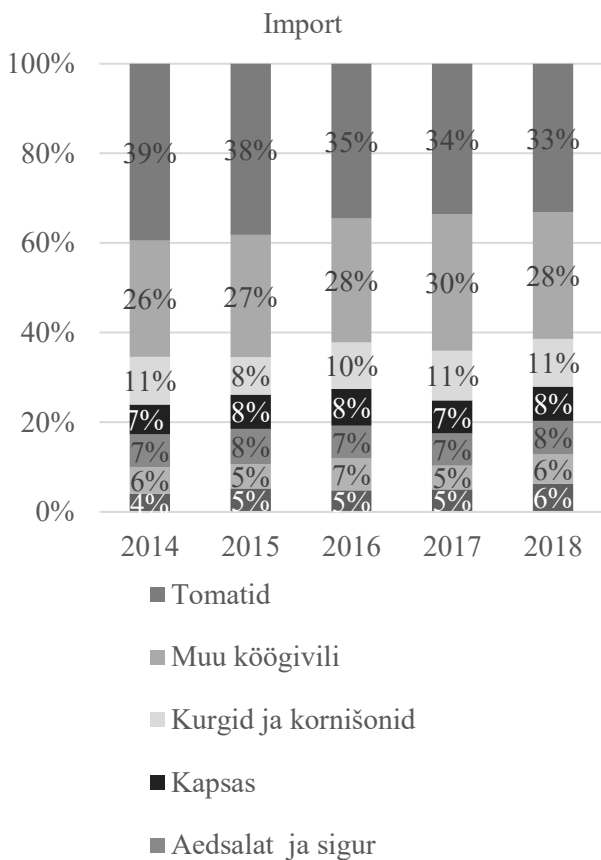
Aedsalati ekspordikäibe ja ekspordikogused jäid vaadeldavatel aastail enam-vähem stabiilseks. Import kasvas 2018. aastal (võrreldes 2014. a) rahalises väärtuses 58%, koguselisel 39%. Aedsalati eksporditurg on olnud Läti ja Leedu: ekspordikäibe Läti suunal kasv 2018. a 114% (võrreldes 2017. a), kuid langes Leedu suunal 15%. (Allikas: EKI Eesti toidusektori ekspordivõimekus jätku-uuring 2019)

Värsked puuviljad ja marjad on perioodil 2014-2018 koguselisel eksporditud enim 2016. a, kui erandlikult eksporditi 557 t (135 tuhat eurot) värsked õunu (v.a



**Joonis 10.** Värske köögivilja (v. a kartul) eksport ja import, osakaal käibest  
Allikas: Statistikaamet

siidriõunad, lahtiselt, 16. september - 15. detsember) (joonis 11). Õunte sihtriikideks olid Saksamaa, Poola ja Soome. Järgneval aastal (2017) eksporditi õunu vaid 174 kg ja 2018. a eksport puudub. Viimaste aastate lõikes on enim eksporditud maasikaid, pohli ja mustikaid. 2018. a eksporditi rahalises väärtuses värskeid puuvilju ja marju kokku 334 tuht eur. Ekspordikäibest moodustasid mustikad 61%, maasikad 28%, mustad sõstrad 3%, ploomid 1%, punased sõstrad 1%. Importi iseloomustab perioodil 2014-2018 kasvav trend, 2018. a võrreldes eelneva aastaga kasvas import koguliselt 4% ja rahalises väärtuses samuti 4%. Impordistruktuuris ei ole vaadeldaval perioodil muutusi toimunud, stabiilselt tuuakse enim sisse tsitrusvilju, banaane, õunu ja pirne.



**Joonis 11.** Värskete puuviljade ja marjade eksport ja import (Statistikaamet VK200, eksport/import, kombineeritud nomenklatuuri kaubakoodid 0803-0810)

Allikas: Statistikaamet

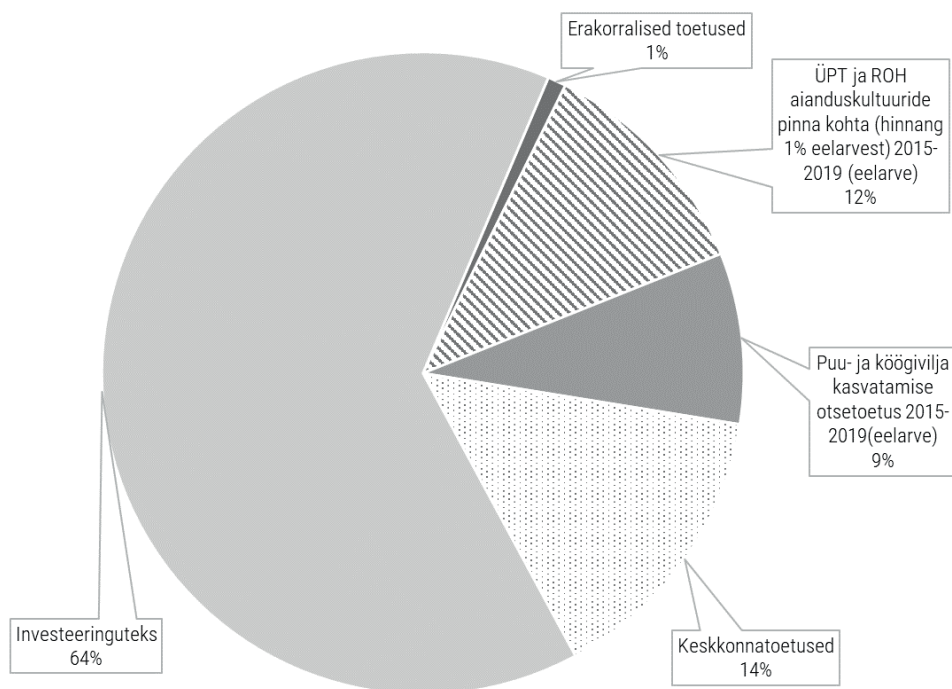
Vaadeldes eluspuude, taimede, taimesibulate ja lõikelilledede väliskaubandust, siis ekspordimaht võrreldes impordiga on kordades väiksem. 2018. a oli kaubagrupi ekspordiväärtus kokku 1,8 mln eurot, mis näitab võrreldes 2017. a vähenemist 23%. Rahalises väärtuses ekspordime enim värskeid jõulupuid (870 tuhat eurot) ja põdrasamblikke (540 tuhat eurot), taimelehti ja oksid (294 tuhat eurot). 2018. a importisime eluspuud, taimi, taimesibulaid ja lõikelilli kokku väärtuses 21,3 mln eurot. Import on aasta aastalt kasvanud, 2018. a suurenes sisseveo väärtus 13% võrreldes 2017. a. Kõige rohkem tuuakse Eestisse lõikelilli (9,2 mln eurot) ja muid elustaimi, pistikuid ja puuoksi (9,9 mln eurot). Lõikelilledest on peamised impordiartiklid: roosid (3,9 mln eurot), krüsanteemid (842 tuhat eurot) ja nelgid (608 tuhat eurot).

### Toetused aiandussektorile

Aastatel 2015-2019 on PRIA andmetel aiandussektorile määratud toetuseid kokku 37 mln eurot (joonisel 13), sellest investeeringuteks 24 mln eurot, mis on 15 %

kokku põllumajandussektoris makstud investeeringutoetustest (163,7 mln eurot<sup>12</sup>) ja sissetulekutoetustena hinnanguliselt 13,3 mln eurot, mis on 1% kokku põllumajandussektori toote- ja tootmistoetustest (1,0 miljard eurot)<sup>13</sup>.

FADN andmetel oli aastate 2014-2018 keskmine brutoinvesteering aastas ettevõtte kohta aianduse tootmistüübis 8875 eurot ja püsikultuuride tootmistüübis 6963 eurot. Mõlemad näitajad jäävad tagasihoidlikuks võrreldes FADN tootmistüüpide keskmisega (24 737 eurot) Toetuste (v.a investeeringutele) osatähtsus netolisandväärtuses oli perioodil 2014-2018 aianduses 16% ja püsikultuuride tootmistüübis 116%<sup>14</sup>. Nagu eespool juba viidatud on püsikultuuride tootmistüübis toetustel kogukuludega toimetulekul oluline roll ning ilma toetusteta kujuneks netolisandväärtus negatiivseks.



**Joonis 12.** Aiandusele määratud toetused aastatel 2015-2019

Allikas: PRIA

<sup>12</sup> Statistikaamet, PM54, investeeringutoetused perioodil 2015-2018

<sup>13</sup> Eurostat, (aact\_eaa), tootetoetused ja tootmistoetused perioodil 2015-2019

<sup>14</sup> Korrigeeritud andmed

seisuga 28.11.2019, oktoobris 2019 esialgsed andmed.



## Põllumajandusturgude tulevikutrendid

Põllumajandussaaduste pakkumine maailmas suureneb, kuid kiiremini kui nõudlus, mis sõltub suuresti ebamäärasustest vähemkindlustatud piirkondades jõukuse ja harjumuse muutustes. Saaduste hinnaproгноosid on pigem tagasihoidliku kasvuga kõrvuti sisendite kallinemisega. Toodangu mahu suurenemise eelduseks on peamiselt saagikuste suurenemine piiratud maa tingimustes ning efektiivsuse kasv<sup>15</sup>. Saaduste tootmine koondub aina enam teatud piirkondadesse, kus riigid keskenduvad ekspordile. Sealhulgas on ka Euroopa Liidul ekspordivõimalused. Põllumajandustootjal tuleb aina enam arvestada erinevate väljakutsetega, millest peamised on kliimamuutustega seondud ja tarbija ootused. Kliimamuutustega kohanemine ning hästi toimiv riskijuhtimine on ühed eeldused paremaks toimetulekuks. Tarbija jaoks on oluline, kuidas toitu toodetakse ja milline on tootmise mõju keskkonnale ja kliimale. Põllumajandustootja jaoks tähendab see tavaliselt suurenevaid tootmiskulusid, kuid ka võimalust oma toodangut mitmekesistada või enam väärindada, vähendades tootmise negatiivset mõju kliimale ja keskkonnale. Tarbija teadlikkuse tõstmist ja ostueelistuste kujundamist ei peaks jätma teiste hooleks, mistõttu üks põllumajanduse ja kalanduse arengukava aastani 2030 tegevusi on lisaks ekspordi edendamisele ja tootlikkuse tõusule kaasa aitamisele ka põllumajanduse ja eesti toidu kuvandi loomine.

## Kokkuvõte

Alates 2014. a on aianduskultuuride toodangu väärtuse osatähtsus põllumajanduse majandusharu kogutoodangu väärtusest suurenenud 3,7%-st 7,3%-le. Tootmisesse panustavad eelkõige 11 suuremat äriühingut ja füüsilist isikust ettevõtjat, kes toodavad aianduskultuure ligikaudu kolmandikul kogu aianduskultuuride pinnast. Samal ajal 65% aianduskultuure kasvatavatest isikutest kasvatab aianduskultuure alla 0,5 ha-l. FADN andmetel jääb nii aianduse kui püsilikultuuride tootmistüübi ettevõtete netolisandväärtus alla FADN keskmise ettevõtte näitajale. Alates 2015. aastast aiandusele suunatud sissetulekut tagavate (näiteks otsetoetused) ja saamata jäänud tulu kompenseerivate toetusmeetmete (keskkonnameetmed) mõju on avaldunud esialgu kulude suurenemises, millele on järgnenud kogutoodangu väärtuse suurenemine ning paranev toimetulek kuludega. SA esialgsetel andmetel kasvatatakse 2019. a avamaaköögivilja kokku 3050 ha-l, millest 139 ha (4,6%) on maheköögivilja. Katmikköögiviljapind on 2019. aastal 235 ha. SA esialgsetel andmetel on 2019. aasta viljapuude ja marjaaedade sh maasika kogupind kokku 7 080 ha, millest maheviljapuude ja marjaaiad moodustavad 35% (2478 ha). Kasvupinnad perioodil 2010-2018 oluliselt muutunud ei ole, saagikus ning kogusaak aga on kõikunud olenevalt kultuurist väga suurtes piirides. 2018. aastal kattis värske köögivilja isevarustatuse tase ligi pool (52%) tarbimisest ja oli viimase 10 aasta madalam. Puuviljade ja marjade puhul on isevarustatuse tase veelgi madalam, jäädes sõltuvalt aastast 6-12% tasemele (2018. a 8%). Puu- ja köögivilja töötlevate ettevõtete arv kasvab kiiresti, 2017. a oli neid juba 74. Üha enam tekkib suurtööstuste kõrvale mikroettevõtteid,

<sup>15</sup> OECD-FAO Outlook 2019-2028, <http://www.agri-outlook.org/>

mis keskenduvad nišitootmisele. Alla 10 töötajaga ettevõtted moodustavad üle 80% ettevõtete koguarvust. Mikroettevõtted oma piiratud tootmismahuga ei konkureeri suurte tööstustega, kuid rikastavad oma sortimendiga meie toidulauda. Ühistuline tegevus aiandussektoris praktiliselt puudub. Värske köögivilja ekspordimaht võrreldes impordiga on endiselt kordades väiksem. Ekspordikäive, mille peamised ekspordiartiklid on kurk ja aedsalat, kasvas võrreldes 2017. aastaga 31%, samas ekspordikogused on olnud langustrendis. Põhiline impordiartikkel on tomat, mille osakaal impordikäibes oli 2018. aastal 1/3 impordikäibest. Kõige olulisem ekspordi sihtturg oli Läti, kuhu Eesti päritolu värsket köögivilja müüdi 2018. aastal 1,6 mln euro väärtuses (osakaal 43%). Teised peamised eksporditurud (väärtuse alusel) olid Leedu (26%), Soome (15%), Rootsi (11%) ja Holland (2%). Värskeid puuvilju ja marju on perioodil 2014-2018 koguseliselt eksporditud enim 2016. aastal, mil Eesti õunad suundusid Saksamaale, Poola ja Soome. Samas impordi iseloomustab 2014-2018 kasvav trend. Vaadeldes eluspuude, taimede, taimesibulate ja lõikelilledede väliskaubandust, siis ekspordimaht võrreldes impordiga on kordades väiksem. 2018. aastal oli kaubagrupi ekspordiväärtus kokku 1,8 mln. Aastatel 2015-2019 on PRIA andmetel aiandussektorile määratud toetuseid kokku 37 mln eurot, sellest investeringuteks 24 mln €, mis on 15% kokku põllumajandussektoris makstud investeringutoetustest ja sissetulekutoetustena hinnanguliselt 13,3 mln eurot, mis on 1% kokku põllumajandussektori toote- ja tootmistoetustest.

Kokkuvõtvalt näitavad numbrid, et aiandussektoris on potentsiaali arenguks, nii tootlikkuse kui ühistegevuse osas.

Vaadates tulevikku on kõikide põllumajandustootjate ees väljakutsed, mis on seotud madalate saaduste hindadega, kallinevate sisendite hindadega, tarbijaharjumuste ja nõudmiste muutumisega, keskkonna- ja kliimaga seonduvate piirangutega. Väljakutsed on võimalik pöörata kasuks. Võimalused peituvad efektiivsemas tootmises, mitmekesistamises, samuti hoolikalt valitud riskijuhtimises, mis aitavad suurendada ka aiandussektoris sissetulekuid ning tootlikkust.

## Kasutatud kirjandus

OECD-FAO Outlook 2019-2028, <http://www.agri-outlook.org/>

# Eesti taimekasvatuse areng aastatel 1918–2018

Rein Lillak<sup>1,2</sup>, Heli Meripõld<sup>3</sup>, Uno Tamm<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

<sup>2</sup> Klarett OÜ

<sup>3</sup> Eesti Taimekasvatuse Instituut

---

**Abstract.** Lillak, R., Meripõld, H., Tamm, U. 2020. Development of Estonian crop production in 1918-2018. – *Agronomy* 2020.

The period of 1918–2018 was very complicated for the Estonian farmers. Three land reforms, three wars, several economic depressions and agropolitical campaigns are the most important keywords for the period. These external factors left the impact on the size and number of farms, as well as growing area and productivity of the main field crops. Traditional field crops like winter rye, oats and flax which were very widely grown in Estonia in the early 20th century lost their importance and the growing area decreased rapidly to the lowest level as of today. One of the most important vegetables during the period of 1918–1940 was potato (Estonia was even called a 'potato republic'). After World War II the growing area of potato even increased due to the overall shortage of food and reached its maximum in the 1950s. However, problems with diseases (in the following Soviet period) and marketing (from 1990 onwards) surpassed the interest of farmers to grow potato significantly and nowadays the growing area is very restricted. In response to the change of market, the most important profit crops become wheat and oilseed rape. Improved know-how and agrotechnology enhanced also the growing of legume crops (peas and beans) in the last decade of the period. Besides of growing area, large changes occurred in the productivity of field crops. Until the 1950s the use of mineral fertilizers and plant protection chemicals was close to zero, and therefore the yields of the main cereals stayed close to 1 T ha<sup>-1</sup>. The first big leap in productivity (yields practically doubled) took place in the 1960s as a result of improved agrotechnical and agrochemical situation and repeated in the first decade of the 21st century when the improved machinery park allowed farmers to succeed due to the implementation of precise agrotechnology.

**Keywords:** agricultural history, agricultural resources, field crops, growing area, productivity

---

## Sissejuhatus

Sada aastat on möödunud Eesti Vabariigi väljakuulutamisest, sada aastat meie iseleemise algusest. See on pikk periood ühe väikese ja noore riigi jaoks, mis algas igati lootusrikkalt, kuid kujunes tõeliseks rahvuslikuks katsumuseks ja riikliku valmisoleku hindamiseks. Sealjuures mitmete poliitilis-majanduslike ideede testimise katselavaks kujunes paljus just põllumajandus.

Poliitilistest oludest lähtudes võib vaadeldava perioodi jagada neljaks etapiks: Eesti Vabariik aastatel 1919–1940, sõja-aastad 1941–1944, Nõukogude okupatsioon 1940–1941 ja 1945–1990 ning taastatud Eesti Vabariik alates 1991. aastast. Selline periodiseering langeb suuresti kokku Tiit Rosenbergi (Rosenberg, 2019) ja Arvo Sirendi käsitlesega (Sirendi, 2006, 2007). Viimane on jaganud nimetatud etapid veel erinevateks allosadeks, mis ühelt poolt on õigustatud (ajajärgude poliitilis-majanduslikud rõhuasetused olid suuresti erinevad), kuid teiselt poolt segadust tekitavad

(näit kolhoosikorra lagunemise etapp, mis on fikseeritud aastatega 1980–1990, on liialt suvaline).

Nimetatud perioodidest on kõige põhjalikumalt käsitletud Eesti Vabariigi perioodi põllumajandust aastatel 1919–1940 (Pool, 1993; Jaska, 1940; Kõll jt, 1994; Reinart, 1992, Lillak, 2003 jpt). Ka Nõukogude okupatsiooni perioodi põllumajanduse arengu kohta on läbi viidud palju uuringuid. Sageli on need aga üle ideologiseeritud ja saavutustele keskendunud (nõukogude perioodi aegsed uuringud). Viimasel ajal on ilmunud mitmeid küllaltki põhjalikke analüüse okupatsiooniaegse põllumajanduse kohta (Sirendi, 2006, 2007; Klesment, Valge, 2007; Rosenberg, 2019).

Enamik uuringutest on siiski keskendunud maaelu muutumise sotsiaalsetele külgedele, inimsuhetele ja valdkondliku organisatsiooni kujunemisele. Tervikliku pildi loomine viimase 100 aasta põllumajandustootmisest ja seda mõjutanud teguritest on jäänud paljus tagaplaanile. Käesoleva uurimise eesmärgiks on selle lünga osaline täitmine, analüüsides Eesti taimekasvatuse arengu dünaamikat aastatel 1919–2018 läbi peamiste põllukultuuride külvipinna ja saagikuse prisma.

## **Materjal ja metoodika**

Uurimistöö aluseks on andmestik, mis saadud ametlikest statistilistest kogumikest ja Eesti Statistikaameti andmebaasist. Eesti Vabariigi 1919.–1940. a perioodi analüüsil on kasutatud kogumiku „Eesti põllumajandus. Statistiline aastaraamat“ aastakäike (Riigi Statistika Keskbüroo, 1923–1940) ning „Eesti Põllumajandus. Statistilist albumit“ (Riigi Statistika Keskbüroo, 1928). Sõjajärgsete okupatsiooniaastate alusandmestik on saadud raamatutest „Statistiline kogumik. Eesti NSV põllumajandus (Eesti NSV Statistika Keskvalitsus/Eesti NSV Riiklik Statistikakomitee, 1955–1990)“.

Nõukogude okupatsiooni perioodi statistika probleemiks oli teraviljakultuuride saagi arvestuse ebatäpsus, mille üheks väljenduseks oli saagi arvele võtmine punkrikaalu alusel. Aidakaal ei olevat olnud piisavalt täpne, kuna ei võtnud arvesse kogu formeerunud saaki (Klesment, Valge, 2007). Selle tõttu on perioodi 1955–1990 statistikakogumikes toodud arve korrigeeritud vastavalt Statistikaameti poolt väljatöötatud punkrikaalust aidakaalu ümberarvestuse meetodile (Eesti Statistikaamet, 1991).

Taastatud Eesti Vabariigi etapil on kasutatud andmestikku, mis on saadud Eesti Statistikaameti andmebaasist (Eesti Statistikaamet, 2018). Sõja- ja sellele järgnevate aastate oludega seoses esinevad statistilises andmestikus lüngad, mis kajastuvad ka antud uurimuses.

Parema ülevaatlikkuse huvides on andmed võimalusel grupeeritud viieaastaste perioodide kaupa, esitatud perioodide aritmeetiliste keskmistena, jättes välja iga teise perioodi.

## Tulemused ja arutelu

### Poliitilis-majanduslik taust

Meie iseseisvusperiood algas lootusrikkalt. Olime edukad vabadussõjas, lõõnud raskelt nii Nõukogude Vene kui ka Balti Landeswehri vägesid. Edu päädis Tartu rahulepinguga ning Eesti Vabariigi tunnustamisega teiste riikide poolt. Samal ajal vabadussõjaga valmistati Tallinnas ette maareformi. Selle käigus tükeldati mõisad, loodi juurde suur hulk talukohti ja leevendati üldist maanälga. Muutus toimus geopoliitiliselt soodsal ajal. Kuigi Venemaa turg sulgus, oli maailmasõjajärgses Euroopas suur puudus toiduainetest ning igasugune toidukaup oli teretulnud. Kahjuks polnud Eesti põllumajanduslik väiketootmine selleks majanduslikult veel küps ning võimalused jäid paljus kasutamata.

Möödus vähem kui kümme aastat iseseisvust ning meie põllumajandus pandi esimese katsumuse ette. Algas viis aastat kestnud majanduskriis. Riigi sekkumise tulemusena majandusellu (monopoliseeriti põllumajanduslik väliskaubandus, täiustati juhtimist, ajatati võlad, devalveeriti kroon jmt) õnnestus kriisist lõpuks üle saada. Algas põllumajandustootmise kiire tõus, tekkisid uued lootused, mis aga kustusid juba 1940. a alanud Nõukogude okupatsiooniga. Uute isandate üheks esimeseks sammuks oli sotsialistliku maareformi läbiviimine. Talu maksimaalne suurus fikseeriti 30 ha juures, ülejäänud maa riigistati ning jagati väiketootmiseks. Loodi ligi 26 000 uut talu. Kuigi reformi elluviimiseks oli aega vaid aasta, külvas see suurt segadust maal ning tekitas ebakindlust tuleviku suhtes.

Järgnes teine maailmasõda ja Saksa okupatsioon. Sotsialistlik maareform küll tühistati, maad ja loomad anti suuresti omanikele tagasi, kuid suured normikohustused hakkasid üha enam meenutama röövmajandust (Rosenberg, 2019). Sõja lõpp kujunes katastroofiliseks. Eesti inimressurss vähenes 200 000 inimese võrra, hävis palju elu- ja tootmishooneid, vähenes loomade arv ja külvipind.

Vahetult pärast rinde üleminekut ja Nõukogude võimu taaskehtestamist algasid taas sotsialistlikud eksperimendid: jätkati sotsialistliku maareformiga, soodustati riiklike ja kollektiivmajandite teket, taludele pandi peale ülikõrged müügikohustused. Paar aastat hiljem (1949–1950. a) likvideeriti talutootmine ja mindi üle sovhoosidel ning kolhoosidel baseeruvale suurtootmisele. Repressiivne majanduspoliitika kestis viiekümnendate aastate keskpaigani. Järgnenud poliitiline sula tõi kaasa muudatused ka põllumajanduse korraldamisel: alandati müüginorme, täiustati majandite juhtimist, mindi üle rahalisele tasule ning hakati enam tähelepanu pöörama tööviljakusele. See aitas kaasa Eesti põllumajandustootmise elavnemisele ja intensiivsuse kasvule. Kasutades oskuslikult ära avanenud võimalusi, tõusis Eesti kaheksakümnendate aastate keskel Nõukogude Liidus põllumajanduse valdkonnas liidripositsioonile.

Eesti Vabariigi taasiseseisvumine üheksakümnendate aastate algul muutis majandussuhteid radikaalselt. Taas sulgus meie jaoks Venemaa turg, taas tuli meie tootjal orienteeruda Euroopa turule, mis aga seekord vaevles toiduainete ületootmise käes. Nõukogude Liidu aegne põllumajanduslik suurtootmine lammutati ning alustati talutootmise taastamist. Ebapiisavad riiklikud regulatsioonid ning olematu

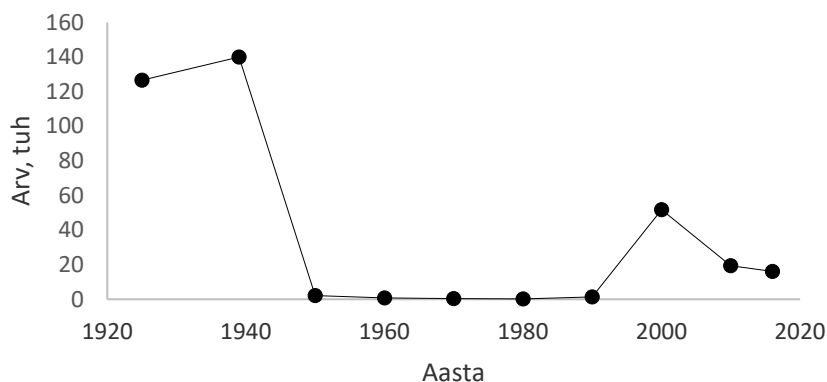
ümberkujundusi suunav toetussüsteem ei võimaldanud riigil aga põllumehi uutes oludes piisavalt aidata, mis tõi kaasa olemasolevate põllumajandusettevõtete ulatusliku pankrotistumise ning majanduselus põllumajanduse tähtsuse kiire languse. Ajustised stabiilsuse perioodid vaheldusid järskude langustega, millest suudeti üle saada alles 2004. a Euroopa ühisturuga liitumise järel. Rakendunud Euroopa Liidu ühtne toetus- ja turustussüsteem lõi kindla aluse põllumajandustootmise arenguks Eestis ning meie põllumees näitas, et sellistes tingimustes suudab ta olla edukas.

### Põllumajandusressurss

Suured ühiskondlikud muudatused tõid kaasa muutusi ka põllumajandusressursi valas. Drastiliselt vähenes põllumajandusmaa pind. Kui 1919. a hinnati põllumajandusmaa kogupinnaks 2,7 milj ha, millest põldu oli 0,96, heinamaad 1,02 ja karjamaad 0,73 milj ha, siis 2017. a oli põllumajandusmaad järel vaid ca 1,0 milj ha, millest põldu 0,68 ning püsirohumaid 0,32 milj ha. Suur hulk varem kasutusel olnud poollooduslikke rohumaid ning väiketalude põllulappe olid võssa ja metsa kasvanud.

Olulised muutused toimusid põllumajanduses hõivatud inimressursiga. Aastal 1922 läbiviidud rahvaloenduse andmetel oli põllumajanduses tegevad ligi 651 tuh inimest, mis moodustas kogu elanikkonnast 58,8 %. Erinevad maaeluga seotud probleemid (kolhoosi- ja sovhoositöö madal populaarsus, olematud palgad, rasked töö ja olmetingimused jm) pani maarahva liikuma linnadesse ning perioodi lõpul oli hõivatute arv põllumajanduses langenud 39 tuhandeni, mis moodustas kogu rahvastikust vaid 2,9 %.

Põllumajanduslike ettevõtete üldarv oli 20. sajandi algul 52,8 tuhat. Sellest absoluutse enamuse (97,8 %) moodustasid talud keskmise suurusega 34,1 ha. Suurmaaomand oli jaotatud 1149 üksuse vahel, keskmise pindalaga 2113 ha (Riigi Statistika Keskbüroo, 1928). Järgnenud maareformi käigus mõisad tükeldati ning nende baasil loodi juurde suur hulk uusi talusid. Selle ja riiklikult läbiviidud asundustgevuse tulemusena tõusis põllumajandustootjate arv 1940. a 140 000-ni (joonis 1). Maaressursi piiratuse tõttu olid loodud talud suhteliselt väikesed ja talu keskmine suurus vähenes 23 ha-ni.



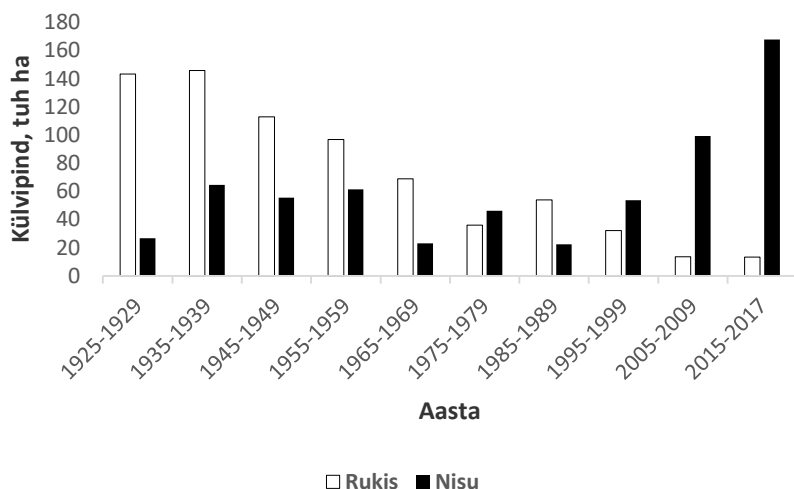
**Joonis 1.** Põllumajandustootjate arv aastatel 1920–2016

Sõjale järgnenud aastatel võeti riiklikult suund talumajanduse likvideerimisele ja suurtootmise ülesehitamisele kolhooside/sovhooside baasil. Sellega vähenes põllumajandustootjate arv järsult 2500-ni. Tekkinud ühismajandid olid esialgu suhteliselt väikesed, hõivates sageli vaid mõnda küla. Majandite majandusliku võimekuse tõstmiseks hakati neid edaspidi liitma ning kaheksakümnendate aastate keskel oli põllumajanduslike ettevõtete arv vaid 327.

Kaheksakümnendate aastate lõpul ja üheksakümnendate aastate algul algas talutootmise taastamine. Põllumajandustootjate arv pöördus tõusule. Uue sajandi algul oli meil ametliku statistika kohaselt ligi 60 000 talu ja muud põllumajanduslikku ettevõtet. Kahjuks oli suurem osa loodud taludest väikesed ja majanduslikult nõrgad, mistõttu avatud turu tingimustes ei suutnud nad konkureerida suurte ja kapitalitugevate ettevõtetega. Selle tulemusena hakkas tootjate (eelkõige väiketootjate) arv taas langema ning perioodi lõpuks oli alles jäänud vaid 16–17 tuhat ettevõtet.

### Kultuuride kasvupind

**Toiduteraviljad.** Aastasade jooksul on Eestis tähtsaimaks teraviljaks olnud talirukis, mida kasvatati nii toiduks kui ka viinatööstuse tooraineks. Kuigi Eesti iseseisvumise järel toimunud Vene turu sulgumise tulemusena rukki nõudlus tööstustoorainena vähenes, ei kajastunud see ometi külvipinnas (joonis 2). Rukki populaarsus leivaviljana säilis ning maareformi järel loodud uutes taludes leidis rukis laialdast kasutamist. Tema külvipind jäi kahekümnendatel-kolmekümnendatel aastatel vahemikku 140–150 tuh ha, mis moodustas kogu külvipinnast 17–19 %. Nõukogude perioodil hakkas rukki populaarsus, lähtudes nõudluse langusest, vähenema ning see suund jätkus taastatud Eesti Vabariigis. Tänapäeval kohtab rukkipoõlde harva, külvipind on langenud 13,3 tuh ha-ni, mis moodustab vähem kui 10 % kunagisest hiilgusest.



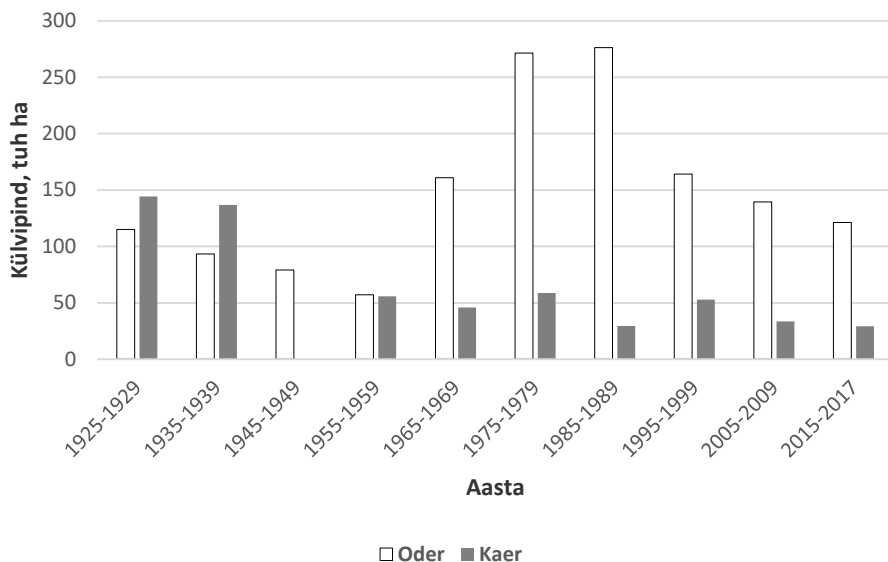
**Joonis 2.** Peamiste toiduteraviljade külvipind aastatel 1925–2017

Nisu (nii suvi- kui talinisu) on ajalooliselt olnud teisejärguline toiduvili. Põhjusti selleks tuleks otsida tema suuremast tundlikkusest kasvutingimuste suhtes ning



tootmist mittesoosivast turukonjunktuurist. Eesti Vabariigis leidis nisu olulise koha külvikorras. Kuigi külvipind ei olnud võrreldav rukki sama näitajaga, oli tema populaarsuse tõus muljetavaldav – kahekümne aasta jooksul suurenes nisu külvipind 14,5 tuh ha (1919. a) 72,6 tuh ha-ni (1939. a). Kogupinnast 43 % oli talinisu all (peamiselt suurtaoludes) ja 57 % suvinisu all (peamiselt väiketaludes). Sõjajärgselt, mil valitses üldine toiduainete puudus, säilis nisu külvipind esialgu 60 tuh ha piirides. Suurmajandite spetsialiseerumisel loomakasvatusele vähenes aga toiduteraviljade, sh nisu vajadus ning külvipind vähenes ligi 2 korda. Taastatud Eesti Vabariigis otsisid suuremad põllumajandusettevõtted oma toodetele turgu. Suhteliselt soodne ja stabiilne nisu hind välisturul suunas meie tootjaid järjest enam nisu tootma. Kultuuri külvipind laienes kiiresti ja jõudis 2017. a rekordtasemeni - 170 tuh ha-ni.

**Söödateraviljad.** Kahekümnenda sajandi algul oli piimakarjakasvatus Eesti taludes veel suhteliselt nõrgalt arenenud. Vajalik sööt saadi karjamaalt ja niidult ning energiarikkaid lisa söötasid kasutati harva. Hoopis olulisemal kohal olid talus tööloomad, eelkõige hobused. Hobune oli peremehe visiitkaart, kelle pidamistingimustele pöörati märksa enam tähelepanu ja kelle energiasöödaks kasutati just kaera. Selle tõttu oli väiketootmisele orienteeritud Eesti Vabariigis põhiliseks kasvatatavaks söödateraviljaks kaer, mille külvipind oli võrreldav rukki pinnaga (140–150 tuh ha ehk 16–18 % kogu külvipinnast; joonis 3). Üleminek suurtootmisele ning hobuveojõu asendamine traktoritega vähendas järsult kaera olulisust ning tema külvipind vähenes edaspidi ligi 3 korda, jäädes püsima 25–40 tuh ha vahel.



**Joonis 3.** Odra ja kaera külvipind aastatel 1925–2017

Odra külvipind on sõltunud eelkõige veise- ja seakasvatuse arengust. Eesti Vabariigi algusaastatel moodustas oder kogu külvipinnast 10–14 % (külvipind ca 100 tuh ha). Sõjaga seoses odra tähtsus vähenes ning tema külvipind tõmbus kokku, olles

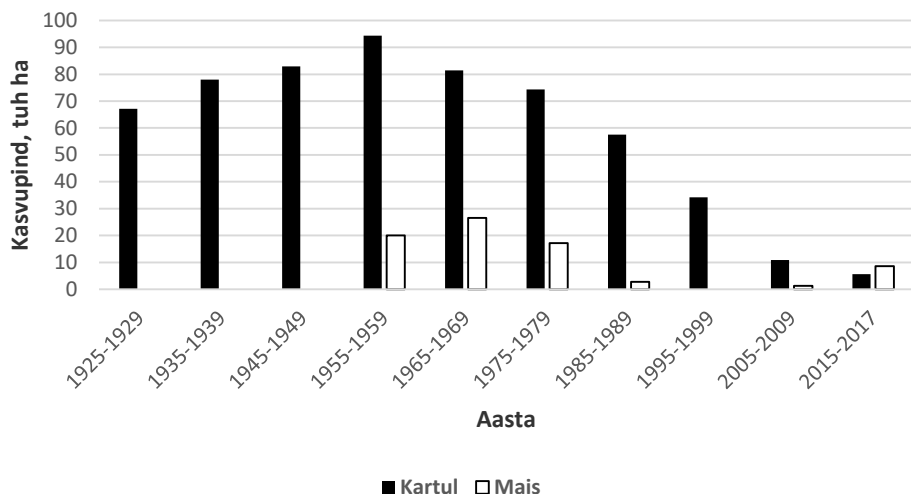


viiekümnendatel aastatel alla 50 tuh ha. Järgnenud suurmajandite spetsialiseerumine veisekasvatusele tõstis odra taas au sisse. Odra külvipind suurenes aasta-aastalt ning jõudis seitsmekümnendatel-kaheksakümnendatel aastatel absoluutsesse tippu – 260–280 tuh ha-ni. Üheksakümnendatel aastatel algas veisekasvatuse tähtsuse langus. Loomade arv ning sellega seoses ka üldine söödavajadus vähenes. See kajastus odra külvipinnas, mis praeguseks moodustab vaid poole (ca' 130 tuh ha) oma kunagisest maksimumist.

**Rühvelkultuurid.** Vahelharitavatest kultuuridest olulisemaks on Eestis alates 19. sajandi teisest poolest olnud kartul. Just kartulikasvatuse levimisega seondatakse näljahädade lõppemist. Põhja-Eestis oli kartul see kultuur, mille müügist saadud raha eest osteti talud. Kartulit kasutati nii söögiks, loomasöödaks kui ka tööstustooraineks (eelkõige piiritusetehastes).

Kuigi Eesti Vabariigi kehtestamisel tõmbus Vene turul baseeruv piirituseturg kokku, säilitas kartul oma tähtsuse, moodustades stabiilselt 8-9 % kogu külvipinnast. Kolmekümnendate aastate teisel poolel paranesid kartuli turustamisvõimalused veelgi ning tema külvipind laienes, jõudes 1938. a 78 tuh ha-ni.

Eesti liitmine NSV Liiduga ning sõjajärgne toiduainete puudus suurendasid nõudlust kartuli järele järsult. Kartuli pind kasvas, jõudes viiekümnendate aastate lõpul maksimaalsele tasemele (joonis 4). Loomakasvatuse esiletõus ning külvipinna üleküllastumisest tingitud haiguste laialdane levik panid kartulikasvatusele piduri peale. Kartuli pind hakkas vähenema ning taastatud Eesti Vabariigis valitsenud ebasoodne kartuli turukonjunktuur kiirendas seda langust veelgi. Praeguseks kohtab kartulipõlde harva (2017. a oli kartuli kasvupind vaid 5,4 tuh ha).



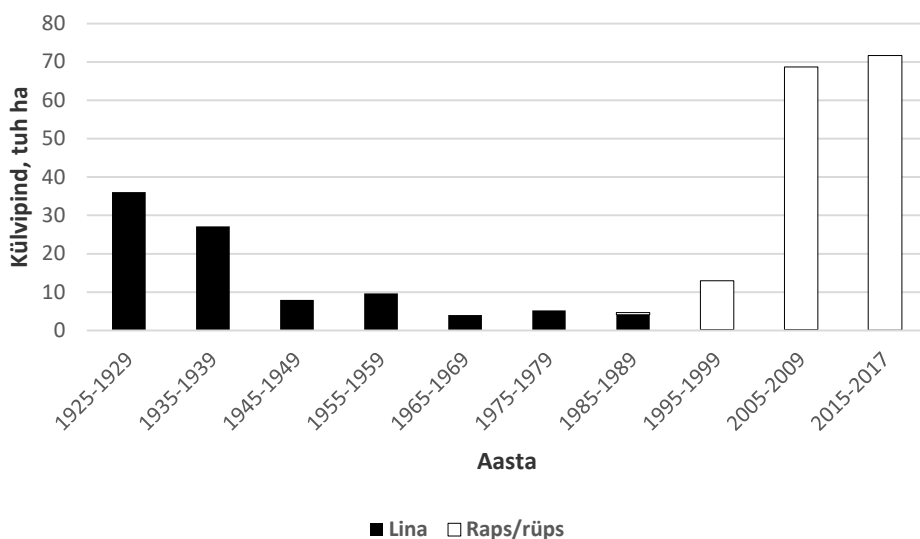
**Joonis 4.** Peamiste rühvelkultuuride kasvupind aastatel 1925-2017

Teiseks oluliseks rühvelkultuuriks on tänaseks kujunenud mais, mille laialdasem kasvatamine sai alguse viiekümnendate aastate teisel poolel. Käsk maisi kasvatada tuli Moskvast. Kuna meie põllumeestel puudusid sellel ajal maisi kasvatamise

oskused ning külvatud sordid osutusid Eesti tingimustele sobimatuteks, ikaldus saak esimestel aastatel täielikult. Siit sai alguse meie inimeste halvustav suhtumine sellesse kultuuri. Sellegipoolest mais jäi ning tema kasvatamise kõrgajaks võib lugeda kuuekümnendaid-seitsmekümnendaid aastaid, mil külvipind lähenes juba 30 tuh ha-le. Kaheksakümnendatel aastatel hakkas maisi tähtsus langema ning Eesti taasiseseisvumise järel langes ta täielikult põlu alla. Üheksakümnendatel aastatel maisi põlde praktiliselt ei kohanud ning põllumeeste seltskonnas polnud tavaks maisist rääkida. Uue sajandi algul hakkasid seisukohad siiski muutuma. Lühikese vegetatsiooniperioodiga kvaliteetsed Euroopa ja USA sordid tõestasid oma eeliseid ning 2017. a kasvas mais juba 9,2 tuh ha-l.

**Tehnilised kultuurid.** Läbi ajaloo on tähtsamaks tehniliseks kultuuriks olnud lina, seda eriti Lõuna-Eestis, kus mullastikulised tingimused soodustasid kvaliteetse linakiu saamist. Soodsad turuolud aitasid kaasa lina võidukäigule ning 19. sajandi teisel poolel muutus ta Liivimaa taludes peamiseks sissetulekuallikaks. Kõrgkonjunktuur linakasvatuses kestis kuni sajandi lõpuni, mil turuolude muutumine tõi kaasa lina tähtsuse languse. Eesti Vabariigi loomise hetkeks oli lina oma kunagise hiilguse juba kaotanud ning vaatamata mitmetele ponnistustele (otsiti uusi turge, püüti arendada lina töötlemist kohapeal jm), ei suudetud langust pidurdada (joonis 5). Praeguseks on linakasvatus praktiliselt välja surnud. Kiu saamiseks lina Eestis enam ei kasvatata ning üksikutel põldudel kasvav lina on mõeldud eelkõige lina-seemne ja -õli saamiseks.

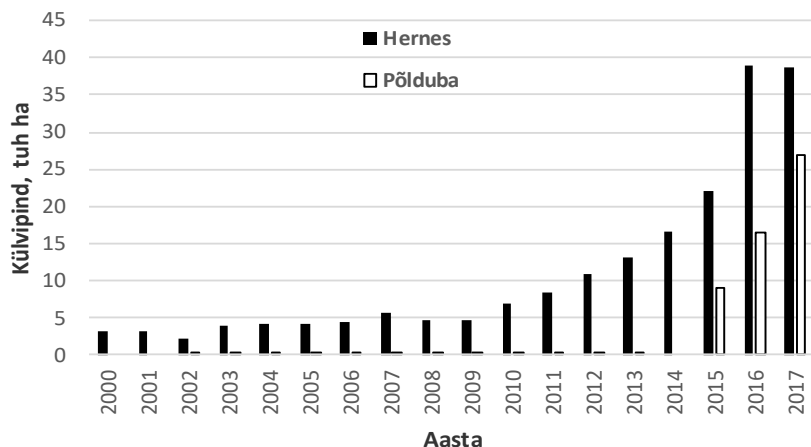
Uue tehnilise kultuurina kerkis 20. sajandi üheksakümnendatel aastatel esile raps ja temaga lähedane rüps. Tegu ei olnud meie põllumehele päris tundmatute kultuuridega. Nõukogude perioodi lõpul katsetasid mitmed suurmajandid rapsikasvatusega, kuid laialdasemat levikut see ei saavutanud. Üheksakümnendatel aastatel muutunud majandustingimused sundisid äsja loodud põllumajandusettevõtteid



**Joonis 5.** Põhiliste tehniliste kultuuride külvipind aastatel 1925–2017

otsima uusi sissetulekuallikaid. Soome kogemustest julgustust saades hakati taas katsetama rapsiga. Esimesed viis aastat kulus oskuste ja kogemuste saamisele. Sellest alates leidsid raps ja rüps kindla koha meie taimekasvatases. Praeguseks kasvatatakse teda 70-80 tuh hektaril ning ta on muutunud nisu kõrval meie põllumehele üheks olulisemaks sissetuleku allikaks.

**Liblikõielised põllukultuurid.** Liblikõieliste põllukultuuride kasvatamine on agrotehniliselt suhteliselt keeruline ning täpsust nõudev tegevus. Selle tõttu on nende kultuuride kasvupind olnud tagasihoidlik, piirdudes 3–5 tuh ha-ga. Peamise kultuurina on kasvatatud hernest. Alles viimasel aastakümnel seoses tehniliste võimaluste paranemisega on liblikõielised põllukultuurid leidnud laialdast kasutamist põllukülvikorras (joonis 6). Kaunviljade külvipind on alates 2007. a järsult laienenud, olles 2017. a. juba 65,5 tuh ha. Sellest 2/3 moodustas hernes ning 1/3 põlduba, mille populaarsus hakkas soodsa turukonjunkturi tingimustes alates 2015. a kiiresti kasvama. Tõsi, viimaste aastate ikaldused on põllumeeste entusiasmi põldoa osas tublisti vähendanud.



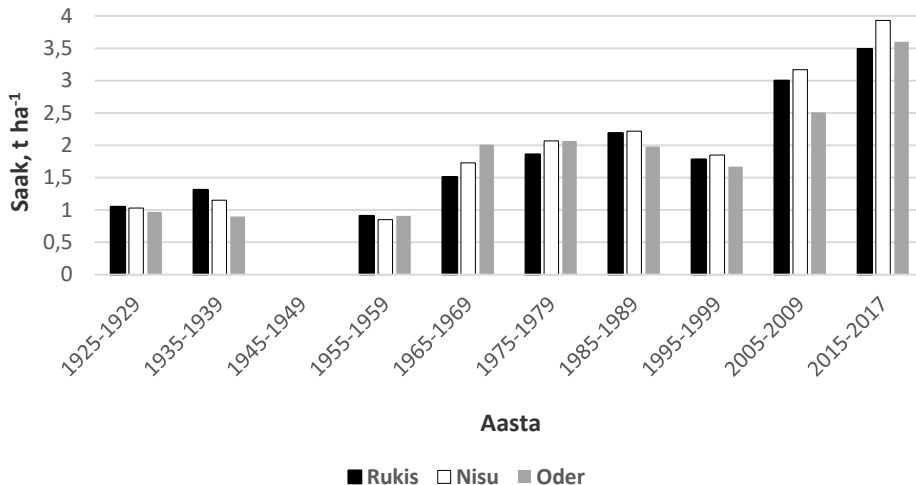
**Joonis 6.** Põhiliste kaunviljade külvipind aastatel 2000-2017

### Põllukultuuride saagikus

Teraviljade saagi kujunemiselt võib vaadeldava perioodil jagada kolme selgelt eristatavasse etappi. Kuni viiekümnendate aastate lõpuni iseloomustas teraviljakasvatust vähene väetiste ja taimekaitsevahendite kasutamine. Saagi kujunemise aluseks oli eelkõige mulla looduslik viljakus, mistõttu saagid olid madalad, jäädes 1 tonni piiridesse hektari kohta (joonis 7).

Selline olukord kestis kuni kuuekümnendate aastateni, mil tehnikapargi areng ja põllumajanduskeemia (väetised, taimekaitsevahendid) laialdasem kasutamine võimaldas keskmist saaki tõsta ligi 2 korda. Kuigi taimekaitsevahendite ja väetiste kasutamine suurenes ka edaspidi (Uusna, 2007; Kevvai, 1992), jäid saagid 2 t ha<sup>-1</sup> piiridesse kuni kaheksakümnendate aastate lõpuni. Eesti Vabariigi taaskehtestamise

järel tuli põllumajandustootjatel võtta kurss Euroopa ja USA turule. See tõi kaasa põllumajanduses kasutatavate sisendite hinna järsu tõusu. Paljud põllumehed kas vähendasid väetiste ja taimekaitsevahendite kasutamist või loobusid sellest üldse (tabel 1). Tulemus kajastus kohe ka keskmises saagikuses, mis langes 15–18 %.



**Joonis 7.** Teraviljade saagi dünaamika aastatel 1925–2017

Liitumine Euroopa Liiduga, erinevate toetusmeetmete avanemine ning turusolude paranemine võimaldas märgatavalt parandada meie põllumeeste tehnilist võimekust ning üle minna kultuuride vajadusest lähtuval arvutipõhisele täppisviljelusele. Selle tulemusena tegi teraviljade saagikus taas hüppe. Võrreldes nõukogude perioodi lõpuga, suurenes nisu ja odra hektarisaak 77–80 % ja rukki saagikus ligi 60 %, jõudes 3,5–4,0 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabel 1.** Väetiste ja taimekaitsevahendite kasutamine aastatel 1940–2015

Näitaja	Aasta								
	1940	1950	1960	1970	1980*	1990**	2000	2010	2015
Väetist tegevaines aastas, kg ha <sup>-1</sup>	10	35	62	163	192	211	74	111	154
Taimekaitsevahendeid, tonni aastas	x	x	827	520	1174	1625	306	811	964

\* Andmed esitatud aastate 1976–1980 aritmeetilise keskmisena

\*\* Andmed esitatud aastate 1986–1990 aritmeetilise keskmisena

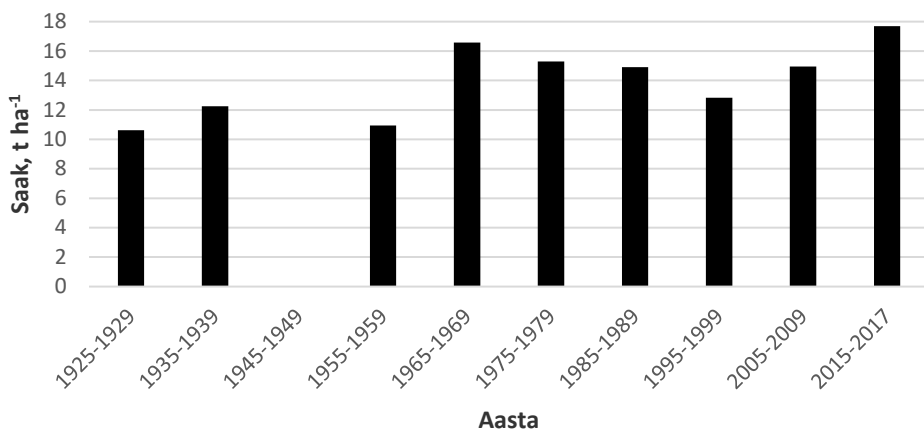
Analoogiliselt teraviljadega on kartuli saagikus aja jooksul suurenenud, kuid see tõus pole olnud sedavõrd järsk. Kartuli saagipotentsiaali paremaks ära kasutamiseks on vajalik teda väetada. Kahekümnenda sajandi algul kasutati selleks eelkõige

sõnnikut. See tagas suhteliselt kõrged saagid, mis ületasid enamikel aastatest 10 t ha<sup>-1</sup> (joonis 8). Selline olukord püsis kuni viiekümnendate aastate lõpuni. Kuuekümnendatel aastatel suurenes mineraalväetiste kasutamine ning kartuli saagikus tõusis 13–16 t ha<sup>-1</sup>-ni. Järgneva poole sajandi vältel püsis kartuli saagikus sellel tasemel.

Uuesti hakkas kartuli saagikus suurenema kahekümne esimese sajandi algul seoses kartulikasvatusele spetsialiseerunud ettevõtete tekkimise ning täppisviljelusel baseeruva agrotehnoloogia kasutuselevõttuga. Kuigi mõnel aastal (2015. a) ületas kartuli keskmine saagikus isegi 20 t ha<sup>-1</sup> piiri ning oli ettevõtteid, kus saadi kartulit enam kui 40 t ha<sup>-1</sup>, tõusis saagikus keskmisena vaid 20 %, jäädes 2015–2017. a 18 t ha<sup>-1</sup> piiridesse.

## Kokkuvõte

Viimased sada aastat on olnud Eesti põllumehe jaoks keeruline periood. Poliitilised ja majanduslikud tõmbetuuled on põllumajandust tublisti räsitud. Üle on elatud kolm maareformi, samapalju sõdu, arvukalt majanduskriise ning erinevaid kampaaniaid, kuid vaatamata raskustele on meie põllumees alati jalule tõusnud, olles kogemuse võrra rikkam. Praeguseks oleme jõudnud suhteliselt stabiilse majandusarengu perioodi. Maailma elanikkond suureneb ja tema ostujõud kasvab. Välja töötatud põllumajanduslikud toetusmeetmed toimivad efektiivselt, pehmendades turunõudluse kõikumisest tingitud probleeme ning tugevdades ettevõtete konkurentsipositsiooni. See kõik võimaldab meie põllumehel vaadata tulevikku optimistlikult.



**Joonis 8.** Kartuli saagi dünaamika aastatel 1925–2017

## Valik allikaid ja kasutatud kirjandus

Eesti NSV Statistika Keskvalitsus/Eesti NSV Riiklik Statistikakomitee. 1955–1990. Eesti NSV rahvamajandus. Statistika aastaraamat. Tallinn.

Eesti Statistikaamet. 1991. Eestis kasvatatud tera- ja kaunviljakultuuride külvipind, kogutoodang ja saagikus (aidakaalus) 1955-1990.a. Tallinn.- 129 lk.

- Eesti Statistika Keskbüroo. 1923–1940. Eesti Põllumajandus. Statistiline Aastaraamat **I–XVII**. Tallinn.
- Eesti Statistika Keskbüroo. 1928. Eesti Põllumajandus. Statistiline Album. Riigi Trükikoda, Tallinn.-112 lk.
- Jaska, A., Kurkus, J., Leetoja, R., Mitnits, F., Nõu, J., Ojamaa, V., Pullerits, A., Pung, A., Ratt, A., Ritslaid, J., Roots, V., Selja, H., Sööt, F. 1940. Eesti Põllumajandus loenduse valgusel.- *Konjunktuur*, 64/65 (3/4), 103-232.
- Kevvai, L. 1992. Väetiste kasutamise ajaloost. Väetised ja nende kasutamine. Tallinn, lk. 4-7.
- Klesment, M., Valge, J. (toim.). 2007. Eesti rahvastiku majandustegevuse näitarve XX sajandil.- Eesti Kõrgkoolidevaheline Demouuringute Keskus, Tallinn.- 181 lk.
- Kõll, A. M. 1994. Peasants on the world market: Agricultural experience of independent Estonia 1919-1939.- *Acta Universitatis Stockholmiensis. Studia Baltica Stockholmiensia*, **14**, 150pp.
- Lillak, R. 2003. Eesti põllumajanduse ajalugu. Tartu, Eesti Põllumajandusülikool.-240 lk.
- Pool, Th. 1993. Maauuendus Eestis ja selle tulemusi. Toronto/Tartu.- 41 lk.
- Reinart, A. 1992. Märkmeid põllumajanduse arendamisest Eestis. Toronto.- 52 lk.
- Rosenberg, T. 2019. Eesti Põllumajanduse 100 aastat. AS Printon.- 221 lk.
- Sirendi, A. (peatoim). 2006. Eesti Põllumajandus XX sajandil. Ülevaade Eesti põllumajanduse ajaloost omariikluse eel ja ajal. Aastad 1900-1940. Tallinn, Põllumajandusministeerium.
- Sirendi, A. (peatoim). 2007. Eesti Põllumajandus XX sajandil. Ülevaade Eesti põllumajanduse loost okupatsioonide ajal. Aastad 1940-1990. 1.-3. osa. Tallinn.
- Uusna, S. 2007. Taimekaitse.- Eesti põllumajandus XX sajandil II. Ülevaade Eesti põllumajanduse loost okupatsioonide ajal. Aastad 1940-1990. 2.-3. osa, lk. 388–400.

## Talinisu Põllukool 2019 – sortide ja väetamise ning taimekaitse lahenduste mõju talinisu saagile ja kvaliteedile

Reine Koppel, Mati Koppel

Eesti Taimekasvatuse Instituut

---

**Abstract.** Koppel, R., Koppel, M. 2020. Farmer Field School 2019 - the influence of variety, plant protection and fertilization on the yield and quality of winter wheat. – Agronomy 2020.

Use of the best farming practices are required for efficient and profitable crop production. Selection of suitable varieties, use of proper plant protection products and fertilization according to the field conditions are essential for increasing the profitability of production. The main goal of Farmer Field School 2019 was testing the newest varieties and their growing technologies. Nine winter wheat varieties 'Ada', 'Ramiro', 'Skagen', 'Julie', 'Effekt', 'Malunas', 'Bohemia', 'Reform' and 'Creator' were tested in the field of Rannu Seeme OÜ. The trial area was fertilized according to recommendations of Yara Eesti. Three plant protection programs with products from companies Syngenta, Plocher and BASF were used in all varieties. The highest average yield across the varieties was achieved in Syngenta variant, highest protein and gluten contents in BASF variant.

**Keywords:** farmer field school, wheat, yield, quality

---

### Sissejuhatus

Rannu Seeme OÜ on ettevõtte, kus põhitegevusalaks on taimekasvatus. Selles ettevõttes tehakse koostööd erinevate ettevõtetega ja teadlastega ning korraldatakse aktiivselt katseid ja põlluseminare. 2017. aastast alguse saanud talirapsi põllukool, mis osutus nii organiseerijatele kui osalejatele väga huvitavaks, jätkus 2018/2019 aastal talinisu põllukooliga.

Põllukooli (ingl. keeles *Farmer Field School*) formaat algas kaheksakümne aastat tagasi Aasiast. Praeguseks on see levinud juba rohkem kui 90 riigis (Global Farmer...). Põllukooli eesmärk on suurendada põllumajandustootjate suutlikkust analüüsida oma tootmissüsteemi, tutvustada võimalikke probleeme, katsetada erinevaid sorte, taimekaitsevahendeid, väetisi jne. Põllukooli tudengid osalevad praktilises õppes – käivad põllul toimuvat jälgimas, kogemusi vahetamas ja diskuteerimas. Tegeletakse just nende küsimuste ja probleemidega, mis antud keskkonnas esile tulevad. Panustatakse ühiselt probleemidele lahenduse leidmisel. Lisaks põllupraktikutele haaratakse kaasa ka teadlasi. Koos käivad nii tootjad, erinevate organisatsioonide liikmed, nõustajad kui teadlased. Põllul kohtuvad praktiline kogemus ja teoreetiline teadmine. Põllukool ei ole mitte ainult spetsiifiliste oskuste ja kogemuste omandamiseks, vaid aitab ka erinevate osapoolte koostööle kaasa. Rannu Seeme Põllukoolis osalesid aktiivselt ka müügifirmad.

Põllukooli programm on ajaliselt piiratud, tavaliselt üks tootmistsükkel. Põllumeestele meeldib õppida kogemustest, praktiliste suuniste ja näpunäidete kaudu. Eestis ei ole seni põllukooli formaati selliselt kasutatud nagu Rannu Seeme OÜ koos

partneritega alates 2017. aastast teinud on. Katsete korraldamine tootmis põldudel on väga hea võimalus uute kultuuride, sortide ja agronoomiliste praktikate järeleproovimiseks just sellistes tingimustes, kus toimub ka ettevõtte majandustegevus, tootmine suurtel pindadel.

Eesti põllumajandustootjad tahavad ja peavad tihedas konkurentsisis püsimiseks kasutama parimaid teadaolevaid kaasaegseid võtteid, et efektiivselt ja kasumlikult majandada. Majandamise tulusamaks muutmisel on tähtis osa nii väetamisel, taimekaitsevahendite valikul kui ka sobiliku sordi leidmisel. Talinisu Põllukool 2019 eesmärk oli tutvustada talinisu kasvatajatele uuemaid sorte ning nende kasvatamise tehnoloogiaid, viljelusprogramme.

## Materjal ja metoodika

Ühiselt müügifirmadega rajati katsed Rannu Seeme OÜ maadele.

Talinisu Põllukoolis uuriti kuue uuema ja kolme vanema ning tuntuma talinisu sordi kasvatamist ning omadusi. Sortidega panustasid katsesse põllumeeste ühistu Kevili, Scandagra Eesti, Baltic Agro. Standardsortideks olid 'Ramiro', 'Ada' ning 'Skagen'. Uuteks sortideks 'Julie', 'Effekt', 'Malunas', 'Bohemia', 'Reform', 'Creator'. Kõigi sortide kasvatamisel kasutati kolme erineva firma – Syngenta, Plocher biotooted ja BASF taimekaitsevahendite programmi. Põllutööd tehti Väderstadi tehnikaga.

Puhtimiseks kasutati VibranceDuo 2,0 l ha<sup>-1</sup>. Külvi aeg oli optimaalsest ajast veidi hiljem – 20. sept. 'Ramiro' ja 'Ada' külvati külvisenormiga 400 idanevat tera ruutmeetrile, teiste sortide külvisenorm oli 350 tera. Väetamiseks kasutati Yara Eesti poolt soovitatud väetamisprogrammi.

**Sügisene väetamine.** Sügisel anti koos külviga YaraMila NPK(S) 18-11-13 normiga 165 kg ha<sup>-1</sup>. Kasvufaasis BBCH 12-14 YaraVita Kombiphos 3,0 l ha<sup>-1</sup> ning YaraVita Gramitrel 1,1 l ha<sup>-1</sup>.

**Erinevate taimekaitseprogrammide sügisene umbrohutõrje:** BASF variandis kasutati sügiseseks umbrohutõrjeks Flight Forte 2,5 l ha<sup>-1</sup> ning Syngenta variandis Boxer 800 EC 3,0 l ha<sup>-1</sup>. Plocher biotoodete variandis sügisest umbrohutõrjet ei tehtud.

**Kevadine väetamine.** Kevadel aprilli alguses kasutati YaraBela Axan 290 kg ha<sup>-1</sup> ning YaraMila NPK(S) 18-11-13 normiga 200 kg ha<sup>-1</sup>. Maikuus turgutati taimi veel kasvufaasis BBCH 25-31, ehk lisati Yara Bela Axan (N) (280 kg ha<sup>-1</sup>) ja YaraVita Gramitrel (1,1 l ha<sup>-1</sup>). Viimane väetis anti Yara Megalab leheanalüüside alusel 12. juunil YaraVita Bortrac 0,3 l ha<sup>-1</sup> ning samal päeval saagi kvaliteedi potentsiaali tõstmiseks YaraVita Thiotrac 4,0 l ha<sup>-1</sup>.

Lämmastiku kogus oli kokku 220,6 kg ha<sup>-1</sup> (sügisel 29,8 ja kevadel 190,8 kg ha<sup>-1</sup>). N anti jaotatult seitsme korraga. P kogus 18,5 kg ha<sup>-1</sup>, K 39,7 kg ha<sup>-1</sup>, S 33,5 kg ha<sup>-1</sup>, Mg 4,2 kg ha<sup>-1</sup>, B 45,1 kg ha<sup>-1</sup>.

**Kasvuaegses taimekaitse programmis** kasutati erinevaid herbitsiide, kasvu-regulaatoreid, fungitsiide ja insektitsiide Syngenta, BASF ja biopreparaate Plocher



valikust. Kuna erinevaid preparaate on palju, siis siin neid kõiki üles ei loeta. Kõik osalejad said info põllul kasutatud taimekaitse preparaatidest.

Kevadel vegetatsiooniaja alguses hinnati talvekahjustused. 24. juunil hinnati ETKI töötaja poolt taimehaigused 1-9 palli skaalas. Küpsuse faasis koristati igast variandist ja igast sordist 10 ruutmeetrist katselapp. Saak puhastati ja sorteeriti (sõel 2,2 mm) ning saagi andmed analüüsiti 14 % niiskuse juures. Kaaluti 1000 tera mass, määrati mahumass. Proteiini ja kleepevalgu sisaldus määrati ekspressmeetodil (FOSS, Rapid Content Analyzer) täisterast. Määrati ka langemisarv. Syngenta variandist võeti saagistruktuuri analüüsimiseks taimed. Taimed võeti juurtega kõikidest sortidest. Analüüsiti 7 taime. Loeti võrsete arv, produktiivvõrsete arv, mõõdeti pea pikkus, loeti pähekute arv peas ning redutseerunud (välja arenemata) pähekute arv.

Taliniisu põllukooli põldvaatluste ja õppepäevad korraldati neljal korral. Esimene õppepäev oktoobris 2018, teine õppepäev 10. aprillil, kolmas 29. mail ja neljas 4. detsembril 2019. Kolm esimest toimusid põllul ning neljas oli katsetulemustest ja Põllukoolist kokkuvõtete tegemise päev. Taliniisu Põllukool 2019 tulemused otsustati selle artikli kaudu teha nähtavaks ka teistele huvilistele, kes sel aastal põllukooli tudengite hulka ei kuulunud.

## Tulemused

2018/2019 talivilja kasvperioodil olid ideaalsed tingimused talivilja kasvuks. Talvitumine oli kõikidel sortidel hea.

**Taimehaigustest** esines jahukastet, kõrreliste helelaiksust ja nisu pruunlaiksust (DTR). Haigusi hinnati 1–9 palli skaalas, kus 1 pall tähendas, et haigust ei esinenud ning 9 palli, et haigust esines maksimaalsel määral. Keskmise jahukastesse nakatumise tase oli 2,3 palli, mis on väga madal lööbimise tase. Sortidest olid kõikide variantide keskmisena jahukastele veidi vastuvõtlikumad varajased sordid 'Ramiro' ja 'Ada'. Teiste sortide nakatumises suuri vahesid ei olnud.

**Tabel 1.** Taimehaiguste esinemine erinevates taimekaitse programmides

	Syngenta			Plocher			BASF		
	JK	HL	DTR	JK	HL	DTR	JK	HL	DTR
Ada	5	6	1	3	3	1	4	2	1
Ramiro	4	4	2	3	4	1	3	4	1
Skagen	3	2	1	1	2	1	4	3	1
Julie	2	2	1	1	3	1	3	3	1
Effekt	3	2	2	3	2	1	1	1	1
Malunas	3	2	2	1	2	4	1	4	1
Bohemia	2	3	1	1	1	1	1	3	1
Reform	3	3	1	1	1	1	1	2	1
Creator	3	1	1	2	1	1	1	1	1
Keskmine	3,1	2,4	1,3	1,8	2,1	1,3	2,1	2,6	1,0

JK – jahukaste; HL – kõrreliste helelaiksus; DTR – nisu pruunlaiksus; hinded 1–9 palli, kus 1= haigust ei leidunud; 9=taimed maksimaalselt haigestunud.

Syngenta programmis oli keskmine jahukaste nakatumise tase veidi kõrgem kui Plocheri või BASF programmis. Samas oli Syngenta programmis ka saagikus veidi suurem kui teistes. See tähendab, et jahukaste nakkus ei olnud saagikuse tulemustele sel aastal oluline. Plocher ja BASF variandis oli jahukaste nakkuse erinevused sortide vahel suuremad.

Kuna talinisu põllukoolis olid väga erineva kasvuajaga sordid ja haigustõrje tehti kõikidele ühekorraga, mitte vastavalt erinevate sortide kasvufaase jälgides, kasutas BASF esimesel haigustõrjel (23. mai) laia spektri ja pika toimeajaga fungitsiidi lahendust Priaxor Powe Pack (0,4+0,4 l ha<sup>-1</sup>). Teisel fungitsiidi ringil (12. juuni) kasutati fungitsiidi Viverda (1 l ha<sup>-1</sup>). Syngenta kasutas esimesel fungitsiidi ringil Amistar 259 EC (0,4 l ha<sup>-1</sup>) ja teisel ringil uut fungitsiidi Elatus Era (0,8 l ha<sup>-1</sup>). Syngenta esindaja väitel on nimetatud preparaati DDHI toimeainet sisaldav fungitsiid, mille lisaeeliseks on rohelise lehemassi hoidmine ilma, et pikeneks saagi valmimise aeg. Roheline lehemass aitab kaasa terade paremale täitumisele ja seega ka suurema saagi saamisele. Helelaiksuse ja DTR esinemisel variantides vahet ei olnud. Helelaiksust oli teistest veidi rohkem sordil 'Ramiro' ja DTR-i sordil 'Malunas'.

### Saak.

Sortide keskmine saagikus oli 11,4 t ha<sup>-1</sup> (tabel 2).

Parima saagiga olid 'Skagen', 'Reform', 'Effekt' ja 'Creator'. 'Julie', 'Malunas' ja 'Bohemia' olid saagilt järgmises grupis ning varajased sordid 'Ada' ja 'Ramiro' on teistest madalama saagiga ('Ada' ja 'Bohemia' saagi vahe ei ole statistiliselt usutav). Läbi kolme taimekaitsevahendi programmi oli suurim varieeruvus sordi 'Reform' saagil. Programmidest andis sortide keskmisena parima saagi Syngenta (joonis 1). Vahe teistega oli usutav. BASF ja Plocher programmides saakidel usutavat vahet ei olnud. Kuigi jahukastesse nakatumine oli Syngenta programmis veidi suurem, siis see saagi kujunemisele mõju ei avaldanud.

**Tabel 2.** Sortide saak, 1000 tera mass ja mahumass

	Saak (t ha <sup>-1</sup> )			1000 tera mass (g)			Mahumass (g l <sup>-1</sup> )			Keskmine		
	Syn-genta	Ploc-her	Basf	Syn-genta	Ploc-her	Basf	Syn-genta	Ploc-her	Basf	Saak	1000 tera mass	Mahu-mass
Ada	11,0	10,8	9,4	45,6	47,4	45,0	858	854	850	10,4	46,0	854
Ramiro	10,7	9,6	9,3	54,4	52,0	54,2	825	828	824	9,9	53,5	826
Skagen	12,8	12,2	12,2	51,6	52,2	48,2	826	837	829	12,4	50,7	831
Julie	11,6	10,9	11,4	53,6	53,8	51,6	850	849	851	11,3	53,0	850
Effekt	12,5	11,7	13,0	48,2	49,4	47,6	832	838	836	12,4	48,4	835
Malunas	12,0	10,7	10,7	36,2	34,0	33,6	841	834	836	11,1	34,6	837
Bohemia	11,1	10,6	11,3	53,6	53,8	50,6	833	822	824	11,0	52,7	826
Reform	13,4	10,8	13,0	48,4	49,2	48,2	864	863	864	12,4	48,6	864
Creator	12,5	11,5	12,2	47,8	48,4	45,4	796	802	804	12,1	47,2	801
Keskm.	12,0	11,0	11,4	48,8	48,9	47,2	836	836	835	11,4	48,3	836

### 1000 tera ja mahumass.

Kõige suurema teraga olid sordid 'Ramiro', 'Julie' ja 'Bohemia', teistest väga palju väiksema teraga oli 'Malunas'. Väike tera võib tähendada ka suuremat peentera osakaalu saagis. Syngenta ja Plocher programmiga saadi suurem tera kui BASF programmiga (joonis 2).

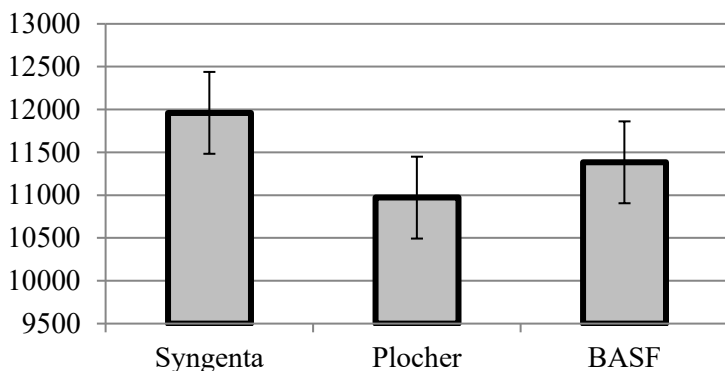
Teistest sortidest usutavalt suurema mahumassiga oli 'Reform'. Suure mahumassiga olid ka 'Ada' ja 'Julie'. Teistest väiksema mahumassiga 'Creator'. Variantide vahel usutavat mahumassi erinevust ei olnud.

### Kvaliteedi näitajad.

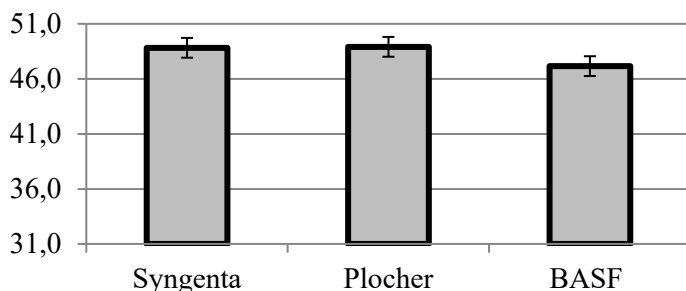
Vaatamata kõrgele saagi tasemele olid väga head ka proteiini ja kleepevalgu sisaldused. Sortide ja variantide keskmine proteiinisaldus oli 14,6 ja kleepevalgu sisaldus 30,3 %. Kõrgeima proteiini sisaldusega olid 'Bohemia' ja 'Ada', kuid statistiliselt olid samaväärsel tasemel ka 'Ramiro' ja 'Effekt' proteiini sisaldus. Kõikidest sortidest usutavalt väiksema proteiini sisaldusega oli 'Creator' (tabel 3).

**Tabel 3.** Sortide proteiini ja kleepevalgu sisaldus ning langemisarv

	Proteiini sis. (%)			Kleepevalgu sis. (%)			Langemisarv (sek)			Keskmine		
	Syngenta	Plocher	Basf	Syngenta	Plocher	Basf	Syngenta	Plocher	Basf	Prot. sis.	Kleep. valk	Lang. arv
Ada	15,0	15,4	16,0	34,8	35,5	34,6	382	338	351	15,4	35,0	357
Ramiro	14,6	14,9	15,4	27,5	29,8	30,4	345	273	306	15,0	29,2	308
Skagen	14,4	15,0	15,1	27,7	31,4	29,0	366	371	387	14,8	29,4	375
Julie	14,7	14,0	15,0	31,6	28,0	31,7	360	332	358	14,5	30,4	350
Effekt	14,6	14,8	15,4	28,5	29,4	31,3	337	386	395	14,9	29,7	373
Malunas	13,4	14,2	15,8	26,5	29,8	34,8	286	306	350	14,5	30,4	314
Bohemia	14,9	15,8	15,8	30,8	36,3	32,5	337	319	370	15,5	33,2	342
Reform	13,9	13,5	14,7	29,3	26,8	30,6	367	349	354	14,0	28,9	357
Creator	13,2	12,4	13,5	25,1	26,6	27,8	287	295	296	13,0	26,5	293
Keskm.	14,3	14,4	15,2	29,1	30,4	31,4	341	330	352	14,6	30,3	341

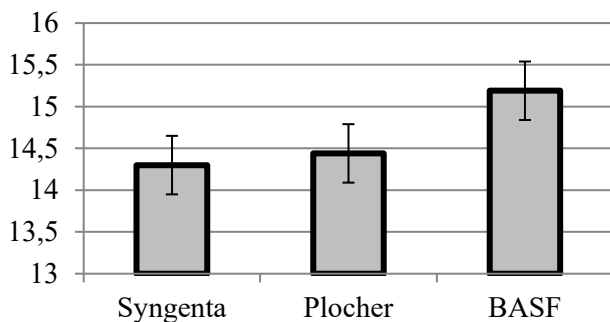


**Joonis 1.** Sortide keskmine saagikus (kg ha<sup>-1</sup>) erinevate programmide puhul



**Joonis 2.** Sortide keskmine 1000 tera mass (g) erinevate programmide puhul

Kui võtta aluseks Tartu Mill kokkuostu tingimused, siis kuulus proteiinisalduse alusel sort 'Creator' II kategooria klassi ja kõik ülejäänud sordid variantide keskmisena I kategooria nisu klassi (Kvaliteedinõuded toidunisule...).

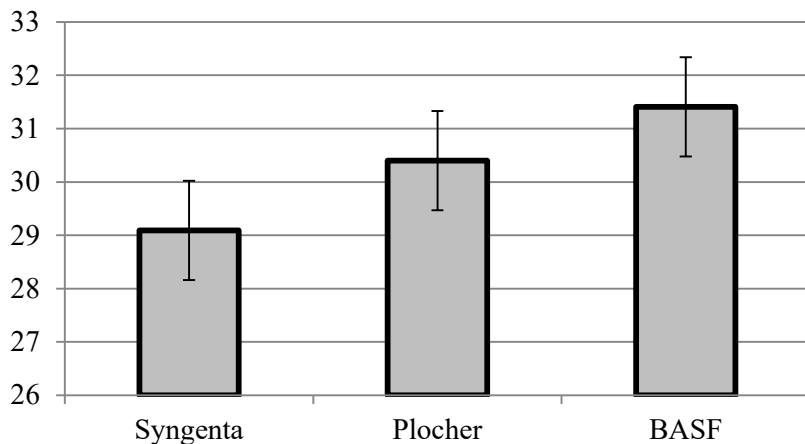


**Joonis 3.** Sortide keskmine proteiini sisaldus (%) erinevate programmide puhul

Kõrgeima kleepevalgu sisaldusega olid 'Ada' ja 'Bohemia'. Sordid 'Julie', 'Malunas', 'Effekt', 'Skagen', 'Ramiro' ja 'Reform' olid suhteliselt sarnase kleepevalgu sisaldusega (28,9 – 30,4 %). Teistest madalama kleepevalgu sisaldusega oli 'Creator'. Kõik teised sordid peale 'Creatori' kuulusid kleepevalgu sisalduselt I kategooria nisu hulka.

Kui sortide keskmine saagikus oli parim Syngenta programmis, siis proteiini sisaldus oli parim BASF-s (joonis 3) ja kleepevalgu sisaldus BASF ja Plocher programmis (joonis 4).

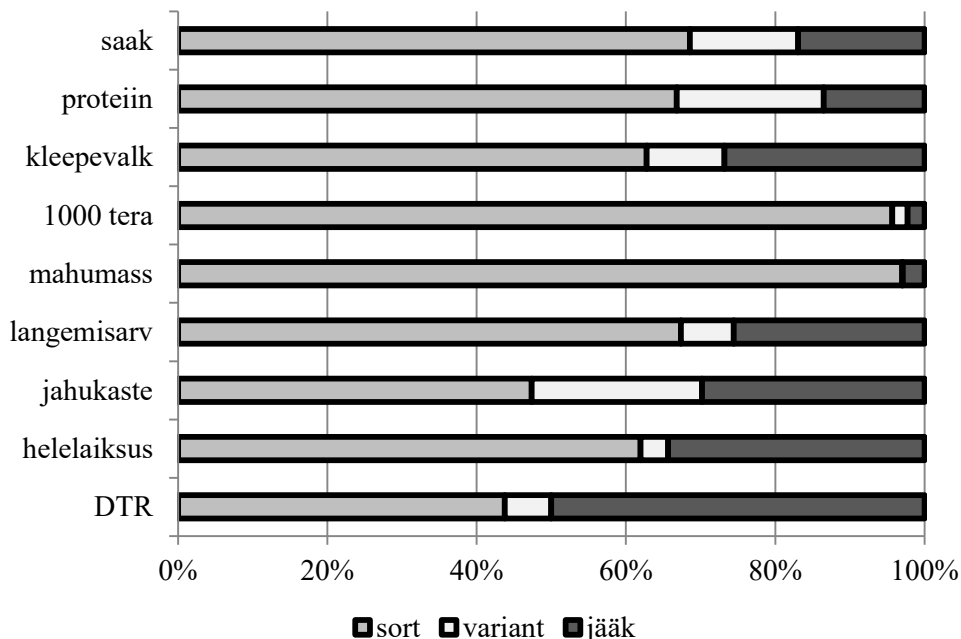
Langemisarv oli kõikidel sortidel hea. Kõik sordid ületasid kvaliteetse vilja kokkuostu piiri. Kõige kõrgem keskmine väärtus oli 'Skagenil' ja 'Effektil' ning kõige madalam 'Creatoril'. Sordid said kõik suhteliselt hea ilmaga ära koristatud. Vihmasadudega koristusperioodil probleeme ei olnud ja nii ei tulnud sel aastal välja ka sordid, mis kiiremini peas kasvama hakkavad.



**Joonis 4.** Sortide keskmine gluteenisaldus (%) erinevate variantide puhul

**Sordi ja taimekaitse variandi mõju omaduste varieerumisele.**

Erinevate omaduste varieerumise põhjuste selgitamiseks tehti variatsioonanalüüs. Jooniselt 5 on näha, milline faktor - kas sort või viljelusprogramm mingi omaduse varieerumist mõjutas. Kui kogumõju on kokku 100%, siis jooniselt on näha, et saagi ja proteiinisalduse varieerumine sõltusid 67% sordist ning kleepealgu sisalduse varieerumine sõltus sordist 63%. Väga suur oli sordi mõju ka tera suuruse ja mahumassi tulemusele.



**Joonis 5.** Sordi ja taimekaitse programmi (variandi) mõju erinevate omaduste varieerumisele

Taimekaitsest ja muudest faktoritest, mida erinevates programmides kasutati, sõltus saagi ja proteiinisalduse varieerumine 15–20%. Taimehaiguste puhul mõjutas valitud taimekaitseprogramm kõige rohkem jahukaste taset – 23% st jahukastet on kergem erinevate viljelusprogrammidega kontrolli alla saada. Helelaiksuse nakuse puhul on aga viljelusprogrammi mõju väga väike. Taimekaitse variandi mõju oli väike ka tera suurusele ja mahumassile.

#### Taimede saagistruktuuri analüüs.

Keskmisest parema võrsumisega olid sordid 'Ramiro', 'Skagen' ja 'Malunas' (tabel 4). Teistest sortidest vähem võrseid oli sortidel 'Reform', 'Ada' ja 'Julie'. 'Adal', 'Reformil' ja 'Bohemial' olid kõik moodustunud võrsed produktiivsed. Teistel sortidel oli ka mitteproduktiivseid võrseid.

Peavõrsel mõõdeti pea pikkus ja kõige pikema peaga oli 'Bohemia', teistest lühema peaga aga 'Julie' ja 'Reform'. Kõige pikem oli peavõrse pea, iga järgmise kõrvalvõrse pea oli eelmisest veidi lühem (andmeid artiklis ei ole esitatud).

Loeti ka pähikute arv peas ja selle järgi arvutati peavõrse pea tihedus (pähikuid 10 cm kohta). Tihedama peaga olid 'Malunas', 'Reform', 'Creator'. Hõredama peaga 'Bohemia'. Sortidest oli kõige vähem väljaarenemata pähikuid peavõrsel 'Ramirol', kõige rohkem 'Malunasel'.

**Tabel 4.** Taimede saagistruktuuri tulemused

	Taime kohta (tk)		Peavõrsel		
	võrseid	Produktiiv-võrseid	pea pikkus (cm)	pea tihedus (pähikuid 10 cm kohta)	arenemata pähikuid (tk)
Ada	1,6	1,6	9,4	20,3	2,4
Bohemia	2,0	2,0	10,3	18,0	2,7
Julie	1,6	1,3	8,4	19,7	2,1
Skagen	2,7	2,3	9,3	18,4	2,3
Creator	1,9	1,6	9,4	22,5	2,7
Ramiro	2,9	2,7	8,1	18,8	0,9
Reform	1,3	1,3	8,2	21,8	2,6
Efekt	2,0	1,6	9,7	18,6	1,9
Malunas	2,4	1,9	8,2	24,0	3,6
keskmine	2,0	1,8	9,0	20,2	2,3

#### Kokkuvõte

Talinisu Põllukool 2019 andis hea kogemuse erinevate tootjate, müügifirmade ja teadlaste vahelise koostöö kujundamiseks. Põllukoolist saadi väärtuslikku teavet uute sortide kohta neid tootmistingimustes katsetades. Lisaks oli osalejatel võimalus jälgida erinevate taimekaitsepreparaatide kasutamise tulemuslikkust. Katse andmetest nähtub, et suurema saagi variandis oli sortidel veidi madalam proteiini ja kleepevalgu sisaldus. Langemisarv ja mahumass sõltus aga pigem sordist ja taimekaitse

programmidest mõjutatud ei olnud. Taimehaigustest oli taimekaitsega võimalik vähendada jahukaste levikut.

### **Kasutatud kirjandus**

Global Farmer Field School Platform. veebis: [www.fao.org/farmer-field-schools/ffs-overview/en/](http://www.fao.org/farmer-field-schools/ffs-overview/en/)

Kvaliteedinõuded toidunisule. veebis: [www.tartumill.ee](http://www.tartumill.ee)

# Mida näitab maatükkide keskmine pindala?

**Siim Maasikamäe**

Eesti Maaülikooli geomaatika õppetool

---

**Abstract.** Maasikamäe, S. 2020. What does the mean size of land units show? – Agronomy 2020.

The size of the land plots and other land units is a common indicator to describe them. The mean size of land units is also used commonly for different purposes. However, the mean size of land units has some disadvantages. It is criticized by several researchers. The problem is that the similar mean size of land units can be the result of very different initial data. For example, the farm of 100 ha can consist of four plots of 25 ha or it can consist of one plot of 97 ha and three plots of one hectare. In both cases, the mean size of land units is 25 ha. The aim of the study is to assess the possibilities to use an alternative option for the calculation of the mean size of land units. The use of the area weighted mean size is proposed for that purposes. The study consists of two parts. At the first, the fictitious data were used for the comparison of the mean size of land units and the area weighted mean size of land units. Secondly, the empirical study was performed on the basis of the arable land fields of the Agricultural Registers and Information Board. The study showed that the area weighted mean size of land units has some advantages compared to the mean size of the land units if there is a big variation of the initial data.

**Keywords:** plot, mean size, area weighted mean size, land use conditions

---

## Sissejuhatus

Maatükkide või muude maaüksuste pindala on üks näitajatest, mida sageli kasutatakse nende iseloomustamiseks. Olgu siis tegemist põldudega, maaomandite, ettevõtete või muude maaüksustega. J. Yee ja M. C. Ahearn (2005:2231) soovivad välja viia farmide suurust iseloomustavat näitajat ja farmi pindala nimetatavad nad seejuures esimesena. Pindala on ka sageli aluseks põllumajandusettevõtete grupeerimisel. Mitmed uurijad, näiteks Neuwirth et al. (2016) ning Sikk ja Maasikamäe (2015a, 2015b), kasutavad oma töödes põldude pindala, et iseloomustada maa kasutamise tingimusi. Maatükkide pindala on ka maakasutuse killustatust iseloomustav näitaja (Dimitreu et al. 2013; van Dijk 2003). Mingis piirkonnas olevate maatükkide üldistatud iseloomustamiseks kasutatakse tavaliselt aritmeetilist keskmist, näiteks keskmine pindala. Seda tehakse erinevatel eesmärkidel ja järgnevalt on toodud mõned sellekohased näited. Burton ja King (1982) kasutasid maaüksuse keskmist pindala maakorralduse kontekstis. Lowder et al. (2016) kasutasid farmide keskmist suurust rahvusvaheliste võrdluste tegemiseks. Aasmäe ja Maasikamäe (2015) leidsid maaüksuste sisemise killustatuse uurimisel põldude keskmise suuruse iga maaüksuse jaoks.

Aritmeetiline keskmine on üks enimkasutatavaid näitajaid maaüksuste üldistatud iseloomustamiseks ja seda on lihtne arvutada. Selle kõrval on veel ruutkeskmine, geomeetriline keskmine jt keskmised aga maatükkide ja maaüksuste keskmise pindala arvutamiseks neid ei kasutata. Samas on Bokusheva ja Kimura (2016), Demetriou et al. (2013) ning Lund ja Price (1998) leidnud, et farmide keskmise pindala kasutamisel on mitmeid puudusi. Nad märgivad, et tootmise kontsentreerumise tingimustes, kus on vähe suuri farme ja suhteliselt palju väikseid farme, ei iseloomusta



aritmeetiline keskmine farmi suurus maa kasutamise tegelikku olukorda. Probleemi lahendamiseks teevad J. M. MacDonald *et al.* (2013) ja ta kaasautorid ettepaneku kasutada farmide keskmise suuruse iseloomustamiseks aritmeetilise keskmise asemel pinnaga kaalutud mediaani (*hectare weighted median*). See on suuruse järgi järjestatud farmide reas selline punkt (rea liige), millest väiksemate farmide pindala kokku oleks 50% kõikide farmide kogupinnast ja suuremate farmide pind kokku samuti 50% kõikide maatükkide kogupinnast. Nimetatud probleemi üheks lahendamise võimaluseks oleks kasutada aritmeetilise keskmise asemel pinnaga kaalutud keskmist pindala (Maasikamäe 2018). See tähendab, et arvutamisel on maatüki pindala tema enda kaaluks ja suuremate maatükkide mõju keskmisele on suurem kui väikeste maatükkide mõju. Pinnaga kaalutud keskmist pindala kasutati ka põllumajandustootjate maakasutuste iseloomustamiseks uuringus (Looga *et al.* 2018), mis käsitles maakasutuse killustatuse mõju põllumajandus ettevõtete tootlikkusele.

Käesoleva uuringu eesmärk on hinnata pindalaga kaalutud keskmise pindala kasutamise otstarbekust maakasutuse tingimuste iseloomustamisel võrreldes tavalise aritmeetilise keskmise kasutamisega. Selleks võrreldi esmalt teoreetilise mudeli abil aritmeetilise keskmise pindala ja pinnaga kaalutud keskmise pindala erinevusi kui arvutustes kasutatavad lähteandmed (maatükkide pindalad) on erinevalt jaotunud. Seejärel võrreldi Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti (edaspidi PRIA) põllumassiivide andmetel maaüksuste keskmise pindala arvutamise erinevaid variante.

## Andmed ja metoodika

Käesolevas uuringus kasutati nii teoreetilises mudelis kui ka empiiriliste andmete töötlemisel maaüksuste keskmise pindala arvutamiseks valemit 1 ja pindalaga kaalutud keskmise pindala arvutamiseks valmit 2. Valemid on järgmised:

$$\bar{a} = \frac{\sum a_i}{n} \quad (1)$$

$$\bar{a} = \frac{\sum a_i w_i}{\sum w_i} \quad (2)$$

Kus  $\bar{a}$  on keskmine pindala või pindalaga kaalutud keskmise pindala;

$a_i$  on  $i$ -nda maatüki pindala;

$n$  on maatükkide arv;

$w_i$  on  $i$ -nda maa tüki kaal (antud juhul maatüki enda pindala).

Teoreetilise modelleerimise jaoks tehtud arvutused ja tulemusi illustreeriv graafik on tehtud programmiga Excel. Teoreetilise modelleerimise käigus arvutati neljast maatükist koosneva hüpoteetilise maakasutse jaoks maatükkide keskmised pindalad ja pindalaga kaalutud keskmised pindalad lähteandmete erinevate variantide korral.

Empiirilised arvutused on tehtud 2018 aasta PRIA põllumassiivide andmetel programmidega ArcGIS ja Excel. Kasutatud on ainult neid põllumassiive, millele ole esitatud taotlus toetuse saamiseks. Ülevaate uuritud põllumassiividest (edaspidi lihtsalt põllud) annab tabel 1. Uuritud põldude pindala varieerub suures ulatuses ning maksimaalse ja minimaalse põllu pindala erinevus on enam kui tuhande kordne.

Lähteandmete iseloomustamiseks kasutatakse üldjuhul histogramme, mis annavad andmete jaotusest hea ülevaate. Antud juhul pole see võimalik, sest väikeste põldude arv on väga suur võrreldes suurte põldudega. Seepärast on antud juhul põldude suuruse iseloomustamiseks kasutatud tabelit 2.

**Tabel 1.** Uuritud PRIA põllumassiive iseloomustav kirjeldav statistika

Põldude arv	Põldude pindala (ha)			Standard hälve	Pindalaga kaalutud keskmine pindala (ha)
	kokku	keskmine	min. maks.		
142464	976762	6,86	0,30 336,66	10,60	23,25

**Tabel 2.** Uuritatud põldude jaotus suurusgruppidesse

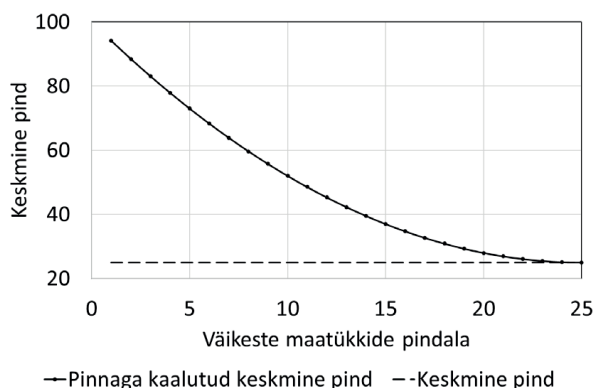
Põldude suurusgruppide piirid (ha)	Põldude arv grupis	Põldude osatähtsus nende arvu järgi (%)	Põldude pind grupis kokku (ha)	Põldude osatähtsus nende pindala järgi (%)
kuni 5	88149	61,88	177555	18,18
5 – <10	26686	18,73	190134	19,47
10 – <20	17373	12,19	241725	24,75
20 – <50	8736	6,13	256023	26,21
50 – < 100	1338	0,94	87522	8,96
100 – < 150	141	0,10	16466	1,68
üle 150	41	0,03	7337	0,75
Kokku	142464	100,00	976762	100,00

Tabeli 2 andmed näitavad, et kuni viie hektari suurused põllud moodustavad ligemale 62% nende koguarvust. Samas on nende põldude osatähtsus pindala järgi ligikaudu 18%. Selle grupi põldude keskmine pindala on ligikaudu 2 ha. Kuni 10 hektarised põllud moodustavad ligikaudu 80% põldude koguarvust ja nende pindala on ligikaudu 38% kõikide põldude kogupinnast. Nende keskmine pindala on 3,2 ha. Põllud pindalaga üle 10 hektari moodustavad ligemale 20% põldude koguarvust aga nad hõlmavad veidi üle 62% kõikide uuritud põldude kogupinnast. Kõikide üle 10 hektariste põldude keskmine pind on ligikaudu 22 ha, see on ligikaudu 6,9 korda suurem kui kuni 10 hektariste põldude keskmine pindala. Kõikide uuritud põldude keskmine pindala on 6,86 ha.

### Tulemused ja arutelu

Aritmeetilise keskmise pindala ja pinnaga kaalutud keskmise pindala erinevuste selgitamiseks tehtud arvutuste tulemusi illustreerib joonis 1. Erinevate arvutusvariantide aluseks oli hüpoteetiline maakasutus (teoreetiline mudel), mis koosnes neljast maatükist kogupindalaga 100 ha. Algselt koosnes maakasutus kolmest väikesest maatükist pindalaga 1 hektar igaüks ja ühest suurest maatükist pindalaga 97 hektarit (kokku 100 ha). Järgnevalt suurendati samm-sammult väikeste maatükkide pindala ühe hektari võrra ja arvutati igale sammule vastav pinnaga kaalutud keskmine pindala kuni kõigi nelja maatüki pindalad võrdusid 25 hektariga. Maatükkide keskmine

pindala on kõigi eelnevalt kirjeldatud variantide korral 25 ha. Joonis 1 näitab ilmekalt, et kui keskmise arvutamise aluseks olevad näitajad on suurte erinevustega siis erinevad ka pinnaga kaalutud keskmise pindala ja keskmine pindala ning see erinevus võib olla suur. Siinkohal tuleb lisaks keskmistele arvudele (keskmised pindalad) hinnata ka maa kasutamise tingimusi. Ühel juhul (algseis) on enamus maast (97%) koondunud ühte tükki ja ainult 3% on väikeste tükkidena eraldi. Kui aga ühe maakasutuse erinevad maatükid muutuvad võrdseks siis suureneb nende hajutus.



**Joonis 1.** Pinnaga kaalutud keskmise pindala muutumine sõltuvalt kolme väiksema maatüki pindala muutumisest

Esitatud teoreetiline arutlus näitab ära tavalise aritmeetilise keskmise pindala puudused maakasutuste suuruse iseloomustamisel. Ühe ja sama keskmise pindala taga võivad olla väga erinevad maatükid. Ühe ja sama maakasutuse jaoks leitud pinnaga kaalutud keskmise pindala ja tavalise keskmise pindala võrdlemine näitab omakorda arvutuste aluseks olevate maatükkide pindalade jaotumist. Kui nende kahe keskmise erinevus on suur siis on suur ka arvutuste aluseks olevate andmete varieeruvus.

Empiirilised andmed näitavad, et Eestis on väikeste põldude osatähtsus nende arvu järgi suur. Tabeli 1 andmetel on kõigi põldude keskmine pindala alla seitsme hektari samas kui tabeli 2 andmetel on üle 62% maast põldude all, mis on suuremad kui 10 ha. Seega mõjutab suur hulk väikeseid põlde olulisel määral põldude keskmist suurust. Väikeste põldude mõju nende keskmisele suurusele näitab tabel 3, kus on toodud kõigi PRIA põldude keskmine pindala ja pindalaga kaalutud keskmine pindala kui valimist on eemaldatud teatud protsent (lõikeprotsent) kõige väiksemaid põlde nende kogu pinna järgi. Võrdluseks on tabelis toodud keskmised pindalad kõigi põldude kohta ja samuti variant kus on kasutatud kahepoolset lõikeprotsenti. Sellel juhul on arvutustest välja jäetud 5% kõige väiksemate põldude all ja 5% kõige suuremate põldude all olevat maad.

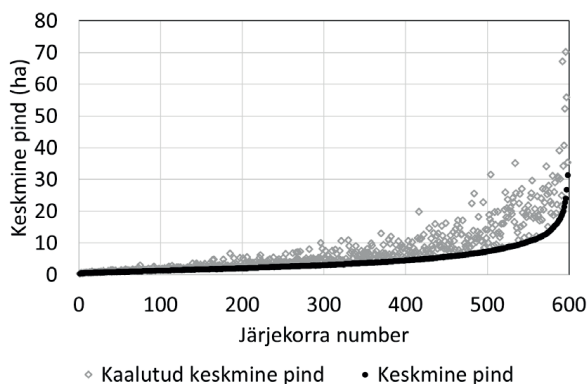
**Tabel 3.** PRIA põldude keskmised pinnad kui valimist on eemaldatud pindala järgi äärmuslikud põllud

Lõike- protsent	Pind kokku (ha)	Põldude arv	Keskmine pind (ha)	Pinnaga kaalutud keskmine pind (ha)
0	976762	142464	6,86	23,25
1	966995	123891	7,81	23,48
2	957227	113532	8,43	23,71
3	947459	105744	8,96	23,94
4	937692	99389	9,43	24,17
5	927924	93969	9,87	24,41
5 *	879094	93498	9,40	19,52

\* Kasutatud on kahepoolsed lõikeprotsenti

Tabeli 3 andmed näitavad, et väikeste põldude eemaldamine arvutusest mõjutab arvestatavalt keskmist pindala. Kui arvutustes jäi välja 5% kõige väiksemate põldude all olevat maad siis suurenes keskmine pind ligikaudu 1,4 korda. Pindalaga kaalutud keskmise pindala suurenes samal ajal ainult ligikaudu 1,05 korda. Äärmuslike põldude eemaldamine keskmiste pindalade arvutustest annab ilmselt tõepärasema pildi maa kasutamise tegelikest tingimustest kui seda on keskmiste pindalade arvutamine kõigi põldude järgi. Keskmine pindala, mis on saadud 5% kõige väiksemate põldude eemaldamisega arvutustest iseloomustab põldude keskmist suurust 95% ulatuses kasutatavast maast.

Teoreetiline mudel (joonis 1) näitas, et keskmine pind ja pindalaga kaalutud keskmise pindala võivad oluliselt erineda. Joonis 2 iseloomustab PRIA poolt toetust saavate põllumajandustootjate kasutuses olevate põldude keskmisi pindalasid ja pindalaga kaalutud keskmisi pindalasid. Joonis koostamiseks järjestati 600 tootjat nende kasutuses olevate põldude keskmise pindala järgi. Samuti arvutati iga tootja jaoks pindalaga kaalutud keskmise põllu pindala. Seega on joonisel 2 iga tootja põldude keskmise suuruse iseloomustamiseks kaks punkti.

**Joonis 2.** Põllumajandustootjate kasutatavate põldude keskmiste pindalade ja pindalaga kaalutud keskmiste pindalade võrdlus

Kui punktid põldude keskmise pindala iseloomustamiseks moodustavad joonisel 2 tõusva joone siis pindalaga kaalutud keskmisi pindalasid iseloomustava punktid on hajutatud. Joonis näitab, et mõnede tootjate jaoks on erinevate meetoditega leitud põldude keskmised pindalad on sarnased. Samas on ka olukordi kus pindalaga kaalutud keskmine põllu pindala on märgatavalt suurem kui tavaline keskmine põllu pindala. See näitab, et sellise tootja kasutuses olevad põllud on väga erineva suurusega.

Läbiviidud uuring näitab, et Eesti oludes on väikeste põldude osatähtsus põldude koguarvust suur ja sellel on otsene mõju nende keskmisele suurusele. See loob teatud mõttes moonutatud pildi maatükkide keskmisest suurusest meie põllumajanduses. Valdav osa tootmisest toimub suurematel põldudel, sageli pindalaga üle 10 ha.

Nii ei ole erand, et põllumajandustootjatel on suhteliselt väike arv suuri põlde ja kordades suurem arv väikeseid põlde, sageli alla ühe hektari. Valdav osa tootmisest toimub sellistel tootjatel siiski suurtel põldudel, mis moodustavad põhilise osa tema maakasutusest. Põldude keskmine suurus ei iseloomusta selliste tootjate maa kasutamise tingimusi päris õigesti. Kui kasutada selliste tootjate maa kasutamise tingimuste iseloomustamiseks pindalaga kaalutud keskmist pindala siis väheneb väikeste maatükkide mõju ja suureneb suuremate maatükkide mõju arvutuste tulemustele. Selline tulemus iseloomustab maa kasutamise tingimusi asjakohasemalt. Samas on ka tootjaid, kelle kasutuses olevad põllud on enam-vähem ühe suurused ja nende põldude keskmine suurus iseloomustab maa kasutamise tingimusi asjakohaselt. Samas tuleb märkida, et enamvähem ühe suuruste põldude (ja üldse maatükkide) korral on tavaline keskmine pindala ja pindalaga kaalutud keskmise pindala ligikaudu võrdsed.

Kokkuvõttes tuleb öelda, et küsimus ei ole selles, kas maatükkide keskmine pindala kui näitaja on õige või vale. Küsimus on selles, et kui hästi ta iseloomustab keskmiselt maa kasutamise tingimusi valdaval osal uuritaval territooriumil. Samas tuleb ka lisada, et maatükkide keskmise pindala arvutamine on mitmetahuline probleem ja vajab edasist uurimist.

## Kasutatud kirjandus

- Aasmäe, K., Maasikamäe, S. 2014. Internal Fragmentation of Agricultural Parcels. In: Research for Rural Development 2014, 2: Annual 20th International Scientific Conference Proceedings. Jelgava, pp. 278–282.
- Bokusheva, R. and S. Kimura (2016), “Cross-Country Comparison of Farm Size Distribution”, *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, No. 94, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5jlv81sclr35-en>. (15.11.2019)
- Burton, S., King, R. 1982. Land Fragmentation and Consolidation in Cyprus: A Descriptive Evaluation. *Agricultural Administration* II 183–200
- Demetriou D., Stillwell J., See L. (2013) A New Model for Measuring Land Fragmentation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 39, pp. 71–80.
- Lowder, S. K., Skoet, J., Raney, T. 2016. The Number, Size, and Distribution of Farms, Smallholder Farms, and Family Farms Worldwide. *World Development* Vol. 87, pp. 16–29,

- Looga, J., Jürgenson, E., Sikk, K., Matveev, E., Maasikamäe, S. 2018. Land fragmentation and other determinants of agricultural farm productivity: The case of Estonia. *Land Use Policy*, 79, p. 285–292.
- Lund, P. and Price, R. 1998. The Measurement of Average Farm Size. *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 49, pp. 100–110.
- Maasikamäe, S. 2018. On the mean size of land units. In: Economic Science for Rural Development No 48. Proceedings of the International Conference. Jelgava, pp. 172–179
- MacDonald, J.M., Korb, P. and Hoppe, R. A. (2013). Farm Size and the Organization of U.S. Crop Farming, ERR-152. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. [https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/45108/39359\\_err152.pdf](https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/45108/39359_err152.pdf) (9.01.2018)
- Neuwirth, C., Hofer, B., Schaumberger, A. (2016) Object view in spatial system dynamics: a grassland farming example. *Journal of Spatial Science*, 61, 2, pp. 367–388.
- Sikk, K., Maasikamäe, S. (2015a) Spatial properties of large agricultural landholdings of Estonia. In: Economic Science for Rural Development No 38. Proceedings of the International Conference. Jelgava, pp. 39–49.
- Sikk, K., Maasikamäe, S. (2015b) Impact of agricultural landholding size on the land fragmentation. In: Research for Rural Development 2015, 2: Annual 21st International Scientific Conference Proceedings. Jelgava, pp 301–306
- Van Dijk, T. (2003). Scenarios of Central European land fragmentation. *Land Use Policy* 20, 149–158
- Yee, J. and Ahearn, M. C. (2005). Government policies and farm size: does the size concept matter? *Applied Economics* 37, pp. 2231–2238.

# Soojustingimuste muutumise võimalik mõju põllukultuuride kasvatamisele Eestis – tendentsid, võimalused ja väljakutsed

Triin Saue

Eesti Taimakasvatuse Instituut

---

**Abstract.** Saue, T. 2020. Possible effects of temperature change on crop production in Estonia – tendencies, possibilities and threats.– Agronomy 2020.

Vegetation period has lengthened in Estonia by 2 weeks over the last 50 years (1965-2018), being on average between 180-200 days in different locations. The sum of effective air temperatures above 5 degrees is 1400...1600°C, which has increased by 300 degrees for the same period. Since thermal resources are expected to increase further, accompanying advantages and threats are discussed.

**Keywords:** regional climate change, accumulated temperatures, crop production, nordic aficulture

---

## Sissejuhatus

Ilm, kliima, agro- ning mikrokliima on põllumajanduslikus tootmises tähtsad tegurid. Mida paremini sobivad kultuuride kasvunõuded kokku kohaliku kliima tingimustega, seda suuremaid saake neilt saame. Kliima muutumine on juba põllumajandust mõjutanud/mõjutamas (Peltonen-Sainio et al. 2007, 2009b, 2010, 2014, Supit et al., 2010, Olesen et al. 2011) ning on väga tõenäoline, et mõjud põllumajandussektorile ei vähene ka tulevikus (Olesen et al. 2011). Muutused on Euroopa erinevates osades küllalt erinevad (Trnka, et al. 2011a) ning võivad oluliselt varieeruda ka ajalisel skaalal (Trnka et al. 2011b). Üldiselt valitseb arvamus, et Põhja-Euroopas produktiivsus suureneb, samal ajal kui Lõuna-Euroopas kujuneb kliima soojenemine saagikuse seisukohalt pigem kahjulikuks. Saakide varieeruvus arvatakse suurenevat üle kogu Euroopa, tänu nii ekstreemsete ilmasündmuste sagenemisele kui ka näiteks haiguste ja taimkahjurite laiemale levikule (Kristensen et al. 2011).

Peamised põllukultuuride saake mõjutavad tegurid on taimedele kättesaadav soojus, kasvuperioodi pikkus ja tähtsamate fenoloogiliste faaside ajal/vahel esinevad temperatuurid, samuti sademete hulk ja nende jaotus (Porter ja Semenov 2005, Lobell ja Field 2007, Peltonen-Sainio et al. 2009c, Saue et al. 2010, 2012, Trnka et al. 2011a,b). Eesti kliimale on väga iseloomulik, et ilmaolud varieeruvad väga tugevalt nii aastate vahel kui ka ühe kasvuperioodi jooksul, samuti esinevad märkimisväärsed territoriaalsed erinevused (Saue ja Kadaja 2009, Saue et al. 2010, Sepp ja Saue 2012, Saue ja Kadaja 2014). Peamised raskused, mis meie põllumajandusettevõtete toimetulekut raskendavad, ei tulene mitte niivõrd üldistest põhjamaisest kliimast tulenevatest piirangutest, vaid eelkõige ilmastikutingimuste suurest ajalisest ja ruumilisest muutlikkusest põhjustatud ebakindlusest, ennustamatusest. See olukord ei muutu ka kliima soojenedes, pigem peaks arvestama ilmastiku varieeruvuse suurenemisega, millega kaasneb ekstreemsete ilmastikutingimuste sagenemine, sh kuumalained, põuad ja tugevad sajud (IPCC 2017a). Käesolevas kokkuvõttes ana-

lüüsitakse õhutemperatuuriga seotud agrokliimaatilisi näitajaid, mis iseloomustavad põllumajanduskultuuride soojusega kindlustatust ning vaadeldakse nende muutust viimase 50 aasta jooksul. Teaduskirjandusele tuginedes püütakse analüüsida, milline võiks olla temperatuurirežiimi edasine areng ning kuidas võiks muutused mõjutada põllukultuuride kasvatamist.

## Materjal ja metoodika

Uuringus on kasutatud 11 Eesti meteoroloogiajaama andmeid (tabel 1). Kasutati ööpäeva keskmisi temperatuure perioodil 1965–2018, mille alusel arvutati erinevad taimekasvu seisukohalt iseloomulikud soojuslikud indeksid: vegetatsiooniperioodi ja aktiivse kasvuperioodi pikkused ning neil perioodidel kogunenud aktiivsed ja efektiivsed soojussummad. Taimede vegetatsiooniperiood loeti kevadel alanuks ja sügisel lõppenuks, kui ööpäeva keskmine õhutemperatuur liikus püsivalt üle või alla 5 °C piiri ja vegetatsiooni pikkusena kasutati vahemikku nende kahe kuupäeva vahel. Aktiivse kasvuperioodina vaadeldi analoogselt perioodi ööpäeva keskmise temperatuuriga üle 10 °C ja aktiivse temperatuurisumma saamiseks liideti 10 °C ületavad ööpäeva keskmised temperatuurid. Efektiivseks temperatuuriks nimetatakse aga ööpäeva keskmist temperatuuri, millest on lahutatud lätitemperatuur. Antud töös kasutati lätitemperatuurina 5 °C ja 10 °C. Vegetatsiooniperioodi efektiivsete temperatuuride summa (>10°C) leiti seega järgmiselt: kui vegetatsiooniperioodi jääva päeva ööpäeva keskmine õhutemperatuur oli suurem kui 5 (10) °C, lahutati keskmisest õhutemperatuurist 5 (10) °C. Summa leidmiseks liideti kõikide vegetatsiooniperioodi jäävate päevade need õhutemperatuuride osad, mis jäid alles pärast 10°C lahutamist. Efektiivsete temperatuuride summa on sama lätitemperatuuri korral seega alati väikem kui aktiivsete temperatuuride summa.

Vegetatsiooniperioodi alguse, kestuse ja lõpu ning temperatuurisummade muutumist perioodil 1965–2018 hinnati trendi järgi. Riiklike sordivõrdluskatsete ja Kuusiku pikaajalise komplekskatse saakide andmetepõhjal hinnati seoseid suviteraviljade saakide ja meteoroloogiliste tingimuste vahel.

## Vegetatsiooniperiood ja selle pikenemine.

Õhutemperatuur on kõige olulisem kliimanäitaja väljendamiseks mingi piirkonna soojusressursse. Kõrgetel laiuskraadidel, sh Eestis on peamised kultuuride ja sortide valikut mõjutavad ning kultuurtaimede saagikust piiravad tegurid sinne lühike vegetatsiooniperiood, seda veelgi piiravad hilised ja varased öökülmad ning kasvuperioodil kogunevad suhteliselt madalad temperatuurisummad (Eesti NSV agrokliimaressursid 1976, Põiklik 1977, Kivi 1998, Peltonen-Sainio 2012, Peltonen-Sainio et al. 2014). Kevad algab meil keskmise õhutemperatuuri tõusuga üle 5 °C; see juhtub kõige varem Kagu-Eestis, kõige hiljem enamasti Lääne-Eestis (tabel 1). Suhteliselt hilja saabub kevad ka Põhja-Eestis ja Peipsi ääres. Sügis algab ehk vegetatsiooniperiood lõpeb Mandri-Eestis kuni nädala jagu varem, rannikul hiljem. Vegetatsiooniperioodi pikkus pikeneb põhjast lõuna suunas, olles enamasti umbes kuus kuud. Kultuuride aktiivne kasvuperiood (keskmine õhutemperatuur üle 10 °C)



kestab Põhja- ja Kesk-Eestis keskmiselt 130 päeva, Lõuna-Eestis ja läänerannikul 140 päeva (tabel 1). Külma kevade ja varajase sügisega aastatel kestab aktiivne vegetatsiooniperiood kõigest 90–110 päeva, soojadel aastatel võib see periood kesta 160–170 päeva. Taimede aktiivse kasvu perioodi kestusest ja soojusest sel ajal sõltub kultuuride kasv, arenemine, valmimine ja saagi suurus.

**Tabel 1.** Vegetatsiooniperioodi ja aktiivse taimekasvuperioodi algus ja kestus (päevades) perioodi 1965–2018 keskmisena ja nende näitajate muutus trendi järgi päevades

JAAM	Periood õhutemperatuuriga püsivalt üle 5 °C				Periood õhutemperatuuriga püsivalt üle 10 °C			
	Algus	Muut	Kestus	Muut	Algus	Muut	Kestus	Muut
Võru	12.04	-19*	189	+20*	4.05	-15*	140	+24*
Tartu	13.04	-20*	189	+20*	5.05	-16*	139	+25*
Viljandi	15.04	-18*	189	+14	6.05	-12*	138	+22*
Türi	18.04	-12*	185	+11*	9.05	-13*	135	+22*
Nigula	19.04	-15*	189	+19*	14.05	-13*	132	+22*
Jõgeva	20.04	-14*	182	+18*	11.05	-13*	133	+23
Kihnu	20.04	-13*	199	+29*	13.05	-14*	141	+27*
Tallinn	21.04	-16*	188	+24*	16.05	-13*	131	+22*
Kuusiku	21.04	-11*	183	+10	14.05	-15*	131	+24*
Jõhvi	22.04	-8*	179	+15*	15.05	-9	129	+20*
Ristna	27.04	-11	195	+23*	26.05	-7	129	+19*

+ tähistab nihet hilisemaks kuupäevaks või pikemaks perioodiks, - varasemaks kuupäevaks;

\*tähistab statistiliselt olulist muutust ( $p < 0,05$ )

Hinnates vegetatsiooniperioodi alguse, lõpu ja kestuse muutust trendi järgi 11 Eesti meteoroloogiajaamas (tabel 1), selgus, et perioodil 1965–2018 on vegetatsiooniperioodi algus nihkunud nende jaamade keskmisena 2 nädalat varasemaks. Suurim kevade varasemaks nihkumine on toimunud Kagu-Eestis, väiksem Kirde- ja Kesk-Eestis. Kui uuritava perioodi algusosas algas vegetatsiooniperiood Lõuna-Eestis keskmiselt aprilli teisel poolel, siis viimastel aastakümnetel on see saanud juba aprilli esimesel poolel, mitmel aastal isegi märtsi lõpus. Vegetatsiooniperioodi lõpu kuupäev ei ole enamuses jaamades vaadeldud perioodil usaldusväärselt ega ühesuunaliselt muutunud. Kogu vegetatsiooniperiood on nimetatud perioodi jooksul vaadeldud jaamade keskmisena pikenenud 18 päeva võrra, mis eelkõige tuleneb vegetatsiooniperioodi alguse nihkumisest varasemaks.

Kevade alguse varasemaks muutumine on põllukultuuride kasvatamise seisukohalt soodne nihe, võimaldades mitmete põllukultuuride varasemat külvi. Erinevates Euroopa piirkondades hakanud põllumajandustootjad mitmeid kultuure varem külvama (Kaukoranta ja Hakala 2008, Olesen et al. 2011), sama tendentsi näeme ka Eestis. Kliima soojenemise seni peamine positiivne efekt saakidele tulenebki suure tõenäosusega varasemast kevadisest külvivõimalusest (Peltonen-Sainio 2012).

Aktiivse vegetatsiooni periood on vaadeldud perioodil samuti pikenenud, keskmiselt 3 nädala võrra, ka see muutus on suurem ja Lõuna- ja väiksem Põhja-Eestis. Aktiivse kasvuperioodi puhul näeme, et ka sügisel on kõigis jaamades toimunud perioodi lõpu nihkumine hilisemaks, kuid see ei ole veel kõikjal statistiliselt usaldusväärne. Temperatuuride jätkuval tõusmisel võib oodata taimede kasvuks soojuslikult sobiliku perioodi pikenemist ka sügisel (Saue ja Käremaa 2015, Saue et al 2016). Temperatuuri püsimine taimede kasvuks sobivas vahemikus ei tähenda aga ilmtin-gimata seda, et taimede kasvuperiood tegelikult kogu sel perioodil efektiivselt toimib. Ei ole tõenäoline, et sügise pikenemine kultuuride kasvatamisele oluliselt kasu tooks, kuna üldise soojenemisega ei muutu meie geograafilises asukohas sügisene vähene valguse intensiivsus ja lühikesed päevad, mis jäävad lisanduvateks taimekasvu piiravateks teguriteks (Saikkonen et al. 2012).

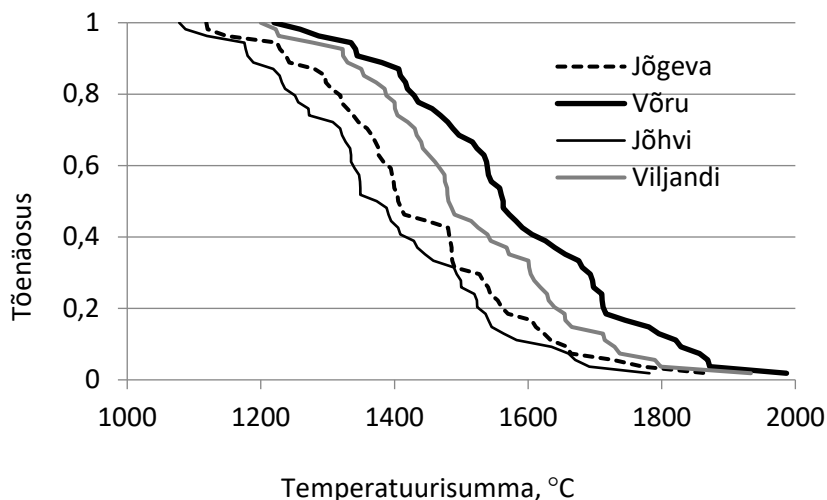
### Soojussummad

Kasvuperioodi pikkuse kõrval on oluliseks agrokliimaatiliseks näitajaks kasvuperioodil kogunenud soojushulk ehk temperatuurisumma. Aktiivse vegetatsiooniperioodi ööpäeva keskmiste õhutemperatuuride summa ehk aktiivsete õhutemperatuuride summa loetakse üheks tähtsamaks näitajaks, millega piirkonna soojusega kindlustatust iseloomustada. Aktiivsete temperatuurisummade jaotumuses Eestis avaldub loogiline seaduspärasus: summad suurenevad põhjast lõunasse, samuti mõjuvad mere lähedus ja suurem kõrgus merepinnast summasid vähendavalt – territoriaalsed erinevused on kuni 300°.

Taimedele kättesaadavat soojushulka iseloomustab teine sarnane taimekasvu soojusrežiimi indeks, efektiivne temperatuur - ööpäeva keskmine temperatuur, millest on lahutatud lävitemperatuur. Meil kasutatakse lävitemperatuurina peamiselt 5 °C, mis on meil traditsiooniliselt kasvatatavate kultuuride bioloogiline miinimumtemperatuur. Efektiivset üle 5 °C temperatuuri nimetatakse ka taimedele kasulikuks temperatuuriks või füsioloogiliselt aktiivseks temperatuuriks. Vegetatsiooniperioodi vältel koguneb Eestis efektiivseid üle 5 °C temperatuure keskmiselt 1400–1600°. Sarnaselt aktiivsetele temperatuurisummadele esinevad ka efektiivsete temperatuuride jaotuses märgatavad territoriaalsed erinevused (tabel 2, joonis 1). Et meil on soojust suhteliselt vähe, siis on taimekasvatuse seisukohast küllalki oluline, kas temperatuuride summa on 100–200° väiksem või suurem. Kogu vegetatsiooniperioodi soojusrežiimi vaadeldes tuleb arvesse võtta, et mere mõjul tekivad olulised erinevused kevade ja sügise vahel. Lõuna- ja Kagu- Eestis on soe ja varajane kevad, Lääne-Eestis koguneb rohkem soojust sügisel. Soojussummad erinevad väga oluliselt ka üksikute aastate kaupa. Erinevused perioodi pikkuses võivad olla kuni 2 kuud, efektiivsete üle 5 °C temperatuuride summades kuni 700, aktiivsete temperatuuride summades kuni 1000°.

Perioodil 1965–2018 võime trendi järgi näha olulist temperatuurisummade suurenemist (tabel 2). Aktiivse kasvuperioodi temperatuuride summa on vahemikus 1965–2018 suurenenud keskmiselt 400 kraadi võrra. Taimedele kättesaadava soojuse hulk (efektiivsete >5 °C temperatuuride summa) on suurenenud keskmiselt

300 kraadi võrra. Ka efektiivsete üle 10° C temperatuuride summad (iseloomustavad soojanõudlikumate kultuuride kasvutingimusi) on muutunud (keskmiselt 200 kraadi võrra). Muutused nii aktiivsete kui efektiivsete temperatuuride summates on trendi järgi usaldatavad kõikides vaadeldud jaamades vähemalt tasemel  $p < 0,05$ . Temperatuurisummade suuremad muutused on toimunud Lõuna- ja Edela-Eestis, väiksemad Põhja-Eestis.



**Joonis 1.** Efektiivsete (üle 5 °C) temperatuurisummade tagatus kasvuperioodil 1965–2018 andmetel erinevates jaamades

**Tabel 2.** Keskmised temperatuurisummad (°C) perioodil 1965–2018 ja nende muutustrendi järgi.

JAAM	Aktiivsete >10 °C temperatuuride summa		Efektiivsete >5 °C temperatuuride summa		Efektiivsete >10 °C temperatuuride summa	
	Kesk	Muut	Kesk	Muut	Kesk	Muut
Võru	2031	+471	1577	+331	778	+220
Tartu	1988	+451	1530	+315	717	+250
Viljandi	1956	+398	1508	+284	714	+186
Türi	1892	+401	1452	+288	672	+205
Nigula	1877	+419	1455	+302	657	+188
Jõgeva	1881	+411	1434	+293	660	+185
Kihnu	2067	+501	1609	+369	761	+231
Tallinn	1881	+404	1445	+308	644	+153
Kuusiku	1835	+437	1409	+299	632	+194
Jõhvi	1813	+394	1386	+290	625	+182
Ristna	1862	+388	1451	+327	645	+211

## Väljakutsed ja võimalused

Keskmise ja maksimaalse temperatuuri tõus tähendab lisaks kasvuperioodi pikene misest ja kõrgematest soojussummadest tulenevatele positiivsetele väljavaadetele ka mitmeid väljakutseid. Liiga kõrged temperatuurid on mitmete kultuuride saagi kujunemise jaoks ebasoodsad - kui kultuuri temperatuurioptimum ületatakse, siis saagikus langeb. Erinevates kliimaregioonides läbiviidud uuringute tulemusel võib kokkuvõtlikult öelda, et kasvatatavad sordid on kohastunud üpris kitsale temperatuurivahemikule ning isegi suhteliselt mõõdukas ja/või lühiajaline keskmise ja/või maksimaalse temperatuuri tõus vähendab saake. Eriti kahjulikud on kuumalained – pikema perioodi vältel kestev kõrge temperatuur. Samuti on kultuuridel teatud arengufaasid, mille jooksul mõjutavad optimaalsest kõrgemad temperatuurid saaki eriti märgatavalt (Tabel 3). Kõrgemad temperatuurid on kahjulikud eelkõige teraviljade ja rapsi saakidele nii kogu Euroopas (Reidsma ja Ewert 2008, Peltonen-Sainio et al. 2010) kui ka Põhjamaades (Peltonen-Sainio et al. 2010, 2011a, Kristensen et al. 2011, Hakala et al. 2012, Tao et al. 2015). Kombineerituna põhjamaiste pikkade päevadega põhjustavad kõrgemad temperatuurid teraviljadel arengu liigset kiirenemist, kui esinevad loomise eel või õitsemise ajal (Ingvordsen et al. 2015a); või liiga varast valmimist, kui esinevad tera täitumise perioodil (Peltonen-Sainio et al. 2011a, Hakala et al. 2012). Raps on eriti tundlik kõrgetele temperatuuridele seemne täitumise ajal (Peltonen-Sainio et al. 2007, Frenck et al. 2011). Kõrgemad temperatuurid esinevad sageli koos põuaga, mis veelgi suurendab saagikadu (Ingvordsen et al. 2015a). Taliteraviljade saake võivad mõjutada ka sügisese ja talvised temperatuurid (Kristensen et al. 2011, Peltonen-Sainio et al. 2011b), kuid see seos ei ole lineaarne, vähenemist põhjustavad nii liiga soojad kui liiga külmad talved. Küll halvendavad pikad ja soojad sügised külvide karastumist.

**Tabel 3.** Mõningate ilmaparameetrite mõju suviteraviljade saagile.

Ebasoodne ilmasündmus	Mõõdik	Kultuur	Mõju saagile
Kõrge temperatuur tera täitumise perioodil	Temperatuurisumma akumuliseerumise kiirus (päevas) loomisest vahaküpsuseni	Oder	-76 kg ha <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> *
		Kaer	-215 kg ha <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> *
		Nisu	-244 kg ha <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> *
	Päevade arv perioodil 1 nädal enne kuni 2 nädalat pärast loomist, mil keskmine temperatuur ületas 21 °C	Oder	-58 kg ha <sup>-1</sup> päev <sup>-1</sup> *
		Kaer	-89 kg ha <sup>-1</sup> päev <sup>-1</sup> *
		Nisu	-71 kg ha <sup>-1</sup> päev <sup>-1</sup> *
	Päevade arv perioodil 1 nädal enne kuni 2 nädalat pärast loomist, mil keskmine temperatuur ületas 22 °C	Oder	-85 kg ha <sup>-1</sup> päev <sup>-1</sup> *
		Kaer	-132 kg ha <sup>-1</sup> päev <sup>-1</sup> *
		Nisu	-123 kg ha <sup>-1</sup> päev <sup>-1</sup> *
Kõrge temperatuur enne loomist	Temperatuurisumma 3-4 nädalal peale külvi	Oder	-29 kg ha <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> *
		Kaer	-34 kg ha <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> *
		Nisu	-28 kg ha <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> *

\* näitab, et mõju on statistiliselt usaldusväärne ( $p < 0,05$ )

Järgmise saja aasta jooksul on tõenäoliselt oodata globaalse temperatuuri jätkuvat tõusu (IPCC 2007 a,b), seega võime tulevikus üsna tõenäoliselt oodata senisest kõrgemaid soojussummasid, mis kogunevad nii tänu pikemale vegetatsiooniperioodile kui kõrgematele ööpäeva keskmistele temperatuuridele (Saue ja Käremaa 2015, Saue et al. 2016). Selle tulemusel võivad põhilisemate kultuurtaimede kasvupinnad Põhjamaades märkimisväärselt suureneda, seda eelkõige tänu nende põhjapoolse levipiiri nihkumisele (Peltonen-Sainio et al. 2009a, 2014, Peltonen-Sainio 2012). See avab uued võimalused ka viljavahelduseks (Peltonen-Sainio ja Niemi 2012). Näiteks võimaldaks kevadise vegetatsiooniperioodi varasemat algust maksimaalselt ära kasutada püsirohumaade ja taliviljade kasvatamise laiendamine – need kultuurid alustavad kasvu niipea, kui võimalik; kasutavad ära talvel kogunenud veevarud; saavad kasu eelkultuurist mulda jäänud toitainetest; pääsevad tänu varasemale arengule ohtlikult kõrgetest temperatuuridest olulistes arengufaasides ja neil on ka üldiselt suurem saagipotentsiaal. Lisaks tekib soojusressursside suurenemisel võimalus uute kultuuride ja pikema kasvuajaga ja/või suurema soojusvajadusega, saagikamate sortide kasutuselevõtmiseks (Olesen ja Bindi 2002, Ewert et al. 2005, IPCC 2007b). Näiteks võiks mais muutuda laialdaselt kasvatatavaks teraviljaks Rootsis (Elsgaard et al. 2012) või ka Eestis (Käremaa ja Saue 2015), Soomeski saaks seda sajandi lõpuks kogu riigis silomaisina kasvatada (Peltonen-Sainio et al. 2009a). Et kasvu- perioodi pikenemisest ja soojusressursside suurenemisest tulenev kasu „raisku” ei läheks või koguni kahjulikuks ei pöörduks, on kindlasti vajalik adapteerumine sordiretuse kaudu (Peltonen-Sainio et al. 2009a,c, Ingvordsen et al. 2015a,b).

Kuna kliima soojenemisega ennustatakse ka ekstreemsete ilmastikunähtuste sageduse suurenemist, samuti taimahaiguste- ja kahjustajate laiemat levikut, siis suureneb kokkuvõttes põllumajandusliku tootmise ebakindlus. Selle negatiivseks tulemuseks võib hoopis olla, et tootjad saavad/julgevad usaldada ainult kõige stabiilsemaid kultuure ja sorte, mis tähendab, et põllumajanduskultuuride bioloogiline mitmekesisus satub kliima soojenemisel löögi alla (Reidsma ja Ewert 2008).

Sageli märgitakse atmosfääri CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni kasvu positiivset mõju taimede kasvule ja on arvatud, et teatud piirini kompenseerib CO<sub>2</sub> suurenemine temperatuuride kasvust tingitud negatiivset mõju. On erinevaid hinnanguid, kust see piir jookseb. Põhjamaiste olude jaoks on näiteks Frenck et al. (2011) näidanud, et 770 ppm ei suuda enam kompenseerida 5 °C keskmise temperatuuri tõusu; Hakala (1998) leidis, et 700 ppm kompenseerib osaliselt 3 °C temperatuuri tõusu.

## Kokkuvõtteks

Põllumajandus on oma olemuselt küllalt spetsiifiline ja erinevatest faktoritest mõjutatud valdkond, mistõttu on üldiste kliimamudelite tulemuste põhjal konkreetseid mõjusid keeruline ennustada. Kõrgemate laiuskraadide, sh Eestis jaoks prognoositavad keskmised muutused on põllumajanduse seisukohalt üldiselt positiivsed, eelkõige tänu vegetatsiooniperioodi ja selle füsioloogiliselt aktiivse osa pikenemisele ja soojusressursside suurenemisele (nt Carter et al. 1996, IPCC 2007a, Peltonen-Sainio et al. 2009a, Supit et al. 2010, Olesen et al. 2011, Saue et al. 2016). Samas, enamasti ei ole neis uuringutes kaasatud ilmastikutingimuste suurenevat varieeruvust. Tule-

mused ei pruugi olla nii positiivsed, kui kliima kujuneb praegusest oluliselt muutlikumaks ja sordiaretus ning agronoomia ei suuda selle muutlikkusega kohanemiseks pakkuda piisavalt kiiresti piisavalt efektiivseid meetmeid (Peltonen-Sainio et al. 2009d, Rötter et al. 2011). Samuti tuleb arvestada, et kliimamuutus mõjutab erinevaid taimeliike ja sorte ning nende tootlikkust erinevalt. Mõned põllukultuurid saavad soojenevast kliimast rohkem kasu, samas võivad teised liigid ja sordid sattuda tõsisesse raskustesse. Peamine läbiv sõnum teaduskirjanuses on, et ka tulevikus ei vähene põllumajandussektoris ilmastikust põhjustatud/mõjutatud piirangud olulisel määral, isegi kui üldine saagipotentsiaal suureneb.

## Kasutatud kirjandus

- Carter, T.R., Saarikko, R.A. & Niemi, K.J. 1996. Assessing the risks and uncertainties of regional crop potential under a changing climate in Finland. *Agricultural and Food Science in Finland*, **5**, 329-350.
- Eesti NSV agrokliima ressursid. 1976. Koostanud Kivi, K. Eesti NSV hüdro meteoroloogiateenistuse valitsus, Valgus, Tallinn.
- Elsgaard, L., Børgesen, C.D., Olesen, J.E., Siebert, S., Ewert, F., Peltonen-Sainio, P., Rötter, R.P. & Skjelvåg, A.O. 2012. Shifts in comparative advantages for maize, oat, and wheat cropping under climate change in Europe. *Food Additives & Contaminants: Part A*, **29**, 1514-1526.
- Ewert, F., Rounsevell, M.D.A., Reginster, I., Metzger, M.J. & Leemans, R. 2005. Future scenarios of European agricultural land use. I. Estimating changes in crop productivity. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **107**, 101-116.
- Frenck, G., van der Linden, L., Nøsgaard Mikkelsen, T., Brix, H. & Jørgensen, R.B. 2011. Increased [CO<sub>2</sub>] does not compensate for negative effects on yield caused by higher temperature and [O<sub>3</sub>] in Brassica napus L. *European Journal of Agronomy*, **35**, 127-134.
- Hakala, K. 1998. Growth and yield potential of spring wheat in a simulated changed climate with increased CO<sub>2</sub> and higher temperature. *European Journal of Agronomy*, **9**, 41-52.
- Hakala, K., Jauhiainen, L., Himanen, S.J., Rötter, R., Salo, T. & Kahiluoto, H. 2012. Sensitivity of barley varieties to weather in Finland. *J. Agric. Sci.*, **150**, 145-160.
- Ingvorsen, C.H., Lyngkjær, M.F., Peltonen-Sainio, P., Mikkelsen, T.N. & Bagger Jørgensen, R. 2015a. A 10-days heatwave around flowering superimposed on climate change conditions significantly affects production of 22 barley accessions. *Procedia Environmental Sciences*, **29**, 160-161.
- Ingvorsen, C.H., Backes, G., Lyngkjær, M.F., Peltonen-Sainio, P., Jahoor, A., Mikkelsen, T.N., & Jørgensen, R.B. 2015b. Genomewide association study of production and stability traits in barley cultivated under future climate scenarios. *Molecular Breeding*, **35**, 3.
- IPCC, 2007a. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Eds. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller). Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- IPCC, 2007b. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Eds. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson). Cambridge University Press, Cambridge.
- Kaukoranta, T. & Hakala, K. 2008. Impact on spring warming on sowing times of cereal, potato and sugar beet in Finland. *Agricultural and Food Science*, **17**, 165-176.



- Kivi, K. (toim.) 1998. Põllumajandust kahjustavad ilmastikunähtused. EMHI Meteoroloogiatekeskus.
- Kristensen, K., Schelde, K. & Olesen, J. E. 2011. Winter wheat yield response to climate variability in Denmark. *The Journal of Agricultural Science*, **149**, 33–47.
- Lobell, D.B. & Field, C.B., 2007. Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environ. Res. Lett.* **2**, 1–7. *Fenn.*, **28**, 37–43.
- Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A. O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J. & Micale, F. 2011. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, **34**, 96–112.
- Peltonen-Sainio, P. 2012. Crop production in a northern climate. In: Meybeck A. Et al (Eds). Proceedings of a joint FAO/OECD Workshop, Building Resilience to Climate Change in the Agriculture sector [<http://www.fao.org/docrep/017/i3084e/i3084e15.pdf>] (9.12.2019)
- Peltonen-Sainio, Jauhiainen, L. & Hannukkala, A. 2007. Declining rapeseed yields in Finland: how, why and what next? *Journal of Agricultural Science*, **145**, 587–598.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K. & Ojanen, K. 2009a. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland. *Agricultural and Food Science*, **18**, 171–190.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Laurila, I. P. 2009b. Cereal yield trends in northern European conditions: Changes in yield potential and its realisation. *Field Crops Research*, **110**, 85–90.
- Peltonen-Sainio, P., Rajala, A., Känkänen, H. & Hakala, K. 2009c. Improving farming systems in northern European conditions. In Crop Physiology. Applications for Genetic Improvement and Agronomy (Eds V.O. Sadras & D.F. Calderini), pp. 71–97. Amsterdam: Elsevier.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Hakala, K. 2009d. Are there indications of climate change induced increases in variability of major field crops in the northernmost European conditions? *Agricultural and Food Science*, **18**, 206–226.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Trnka, M., Olesen, J.E., Calanca, P.L., Eckersten, H., Eitzinger, J., Gobin, A., Kersebaum, K.C., Kozyra, J., Kumar, S., Marta, A.D., Micale, F., Schaap, B., Seguin, B., Skjelvåg, A.O. & Orlandini, S. 2010. Coincidence of variation in yield and climate in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **139**: 483–489.
- Peltonen-Sainio P., Jauhiainen, L. & Hakala, K. 2011a. Crop responses to temperature and precipitation according to long-term multilocation trials at high-latitude conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, **149**, 49–62
- Peltonen-Sainio, P., Hakala, K. & Jauhiainen, L. 2011b. Climate-induced overwintering challenges for wheat and rye in northern agriculture. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Sciences*, **61**, 75–83.
- Peltonen-Sainio, P. & Niemi, J. 2012. Protein crop production at the northern margin of farming: to boost or not to boost, that is the question. *Agricultural and Food Science*, **21**, 370–383.
- Peltonen-Sainio, P. & Jauhiainen, L. 2014. Weather variability lessons from the past: sowing to ripening dynamics and yield penalties for northern agriculture in 1970–2012. *Regional Environmental Change*, DOI: 10.1007/s10113-014-0594-z
- Peltonen-Sainio, P., Rajala, A., Känkänen, H., Hakala, K. 2014. Improving farming systems in northern European conditions. In: Sadras, V.O., Calderini, D. (Eds.). Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and agronomy. Elsevier, Amsterdam.

- Porter, J. R. & Semenov, M. A. 2005. Crop responses to climatic variability. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **360**, 2021–2035.
- Põiklik, K. 1977. Põld, ilm ja saak. Valgus, Tallinn.
- Reidsma, P. & Ewert, F. 2008. Regional farm diversity can reduce vulnerability of food production to climate change. *Ecol. Soc.*, **13**, 38.
- Reidsma, P., Ewert, F., Lansink, A.O. & Leemans, R. 2010. Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses. *Europ. J. Agronomy*, **32**, 91–102.
- Rötter, R.P., Palosuo, T., Pirttioja, N.K., Dubrovsky, M., Salo, T., Fronzek, S., Aikasalo, R., Trnka, M., Ristolainen, A & Carter, T. R. 2011. What would happen to barley production in Finland if global warming exceeded 4°C? A model-based assessment. *Eur. J.Agron.*, **35**, 205–214.
- Saikkonen K., Taulavuori K., Hyvönen T., Gundel P.E., Hamilton C.E., Vänninen I., Nissinen A. & Helander M. 2012. Climate change-driven species' range shifts filtered by photoperiodism. *Nature Clim. Change*, **2**, 239–24.
- Saue, T. & Kadaja, J. 2009. Simulated crop yield – an indicator of climate variability. *Boreal Environment Research*, **14**, 132–142.
- Saue, T. & Käremaa, K. 2015. Lengthening of the thermal growing season due climate change in Estonia. In: Šiška et al. (eds): Towards climatic services, Nitra, Slovakia.
- Saue, T., Viil, P. & Kadaja, J. 2010. Do different tillage and fertilization methods influence weather risk on potato yield? *Agronomy Research*, **8**, 427–432.
- Saue, T., Viil, P. & Kadaja, J. 2012. Ilmastiku ning erinevate mullaharimise ja väetamise viiside mõju kartuli saagikusele. Jaanus Siim (Toim.). Vedelsõnnik ja mullaharimine (132–137). Saku: Eesti Maaviljeluse Instituut.
- Saue, T., Jauhiainen, L., Kadaja, J., Peltonen-Sainio, P. (2016). Projected lengthening of spring cereals growing season in Estonia and accompanying high impact events of elevated temperatures around heading. *1st Baltic Earth Conference Proceedings*, 9: Ed. Marcus Röckermann, Silke Köppen. International Baltic Earth Secretariat Publications, 126–127
- Sepp, M. 2015. Kliimamuutustega kohanemise klimatoloogilised aspektid. *Publicationes Instituti Geographici UniversitatisTartuensis*, **112**, 20–37.
- Sepp, M. & Saue, T. 2012. Correlations between the modelled potato crop yield and the general atmospheric circulation. *International Journal of Biometeorology*, **56**, 591–603.
- Supit, I., van Diepen, C.A., de Wit, A.J.W, Kabat, P., Baruth, B. & Ludwig F. 2010. Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. *Agricultural Systems*, **103**, 683–694.
- Tao, F., Rötter, R.P., Palosuo, T., Höhn, J., Peltonen-Sainio, P., Rajala, A. & Salo T. 2015. Assessing climate effects on wheat yield and water use in Finland using a super-ensemble-based probabilistic approach. *Clim Res*, **65**, 23–37.
- Trnka, M., Olesen, J. E., Kersebaum, K.C., Skjelvåg, A.O., Eitzinger, J., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rötter, R., Iglesias, A., Orlandini, S., Dubrovský, M., Hlavinka, P., Balek, J., Eckersten, H., Cloppet, E., Calanca, P., Gobin, A., Vucetic, V., Nejedlik, P., Kumar, S., Lalic, B., Mestre, A., Rossi, F., Kozyra, J., Alexandrov, V., Semerádová, D. & Zalud, Z. 2011a. Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology*, **17**, 2298–2318.
- Trnka, M., Eitzinger, J., Semerádová, D., Hlavinka, P., Balek, J., Dubrovský, M., Kubu, G., Štěpánek, P., Thaler, S., Možný, M. and Žalud, Z. 2011b. Expected changes in agroclimatic conditions in Central Europe. *Climatic Change*, **108**, 261–289.





**Eesti Maaülikool**  
Estonian University of Life Sciences

[www.emu.ee](http://www.emu.ee)

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut  
Institute of Agricultural and Environmental Sciences



**Eesti  
Taimekasvatuse  
Instituut**



Maaelu Arengu Euroopa  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeeringud  
maapiirkondadesse

ISSN 1736-6275